

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Kiinteistön hoito, korjaus ja restaurointi

2013

Colin Kenton

PASSIIVIRAKENTEIDEN KUSTANNUSVERTAILU JA KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Colin Kenton

PASSIIVIRAKENTEIDEN KUSTANNUSVERTAILU JA KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA

Tässä opinnäytetyössä kartoitettiin eri passiivitason rakennetyyppien kosteusteknistä toimintaa sekä laskettiin eri passiivirakenneratkaisuiden kustannukset. Työssä tarkasteltiin erityyppisiä seinä- ja yläpohjarakenteita, joista kaikista tehtiin kosteustekninen tarkastelu vesihöyryn diffuusiosiiirtymisen osalta DOF-lämpö-ohjelmalla. Rakennetyyppien kustannuslaskelmat tehtiin Excel-taulukkoon, huomioiden kyseiseen rakennosaan kuuluvat materiaalit sekä työpanokset. Kustannuslaskelmien työmenekit olivat pääasiassa peräisin RATU 2010 -työmenekikirjasta, kuitenkin osa työmenekeistä perustuu kokemuseräiseen harkintaan. Kustannuslaskelmissa käytettävät kustannustiedot ovat peräisin materiaalityömittajien jälleenmyyjiltä saaduista todellisista tarjoushinnoista.

Tutkimuksessa käsiteltiin viittä eri rakennetyyppiä, joista kolme oli ulkoseinärakenteita ja kaksi yläpohjarakennetta. Ulkoseinärakenteista kaksi oli puurunkoisia, joissa toisessa lämmöneristeenä toimi muovipohjaiset eristeet ja toisessa mineraalivillaeristeet, ja yksi betonirakenteinen seinä, jossa eristeenä käytettiin muovipohjaisia eristeitä. Yläpohjarakenteet olivat molemmat puuristikkorakenteisia, joista toisessa lämmöneristeenä toimi puhallusvilla ja toisessa lämmöneristeenä toimi puhallusvillan sekä muovipohjaisen eristeen yhdistelmä.

Tutkimuksen lopussa käsiteltiin kustannusarvioiden sekä kosteusteknisten tarkastelujen tuloksia. Tuloksista tehtiin päätelmiä etujen ja haittojen puolesta ja pyrittiin löytämään riskialtimmat sekä turvallisimmat toteutukset.

ASIASANAT:

Passiivitalo, passiivirakenne, ilmatiivis, vesihöyry, diffuusio, ilmankosteus, kustannuslaskelma, kastepiste

Colin Kenton

COSTING AND DAMP MANAGEMENT OF PASSIVE STRUCTURES

This thesis deals with the costings and damp management of different types of passive structures. Three different types of wall structures and two different types of roof structures were examined. Costs were calculated for each type of structure separately. The project also included a damp management examination of each structure, performed with DOF software. The labour inputs included in the costings are from the RATU2010 manual. The manual provides information about the amount of time that is needed to complete each structural job. The costing was performed with Microsoft Office Excel.

This thesis covered the following exterior wall structures:

- Timberframed exterior wall with polyurethane foam insulation and insulation plastering

- Double timberframed exterior wall with mineral wool thermal insulation and wooden façade

- Load bearing exterior wall of concrete with polyurethane foam insulation and EPS plastering

In addition the following roof structures were discussed:

- Wooden truss structure with polyurethane and mineral wool thermal insulation

- Wooden truss structure with mineral wool thermal insulation

KEYWORDS:

passive house, passive structures, airtight, water vapour, diffusion, air humidity, costing, condensation point

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 PASSIIVITALO	8
2.1 Ilmatiiviyn merkitys	10
2.2 Kosteustekninen toiminta rakenteessa	12
2.3 Vesihöyry rakenteessa	13
2.4 Ilmanvaihdon merkitys tiiviissä rakenteessa	17
3 TUTKIMUKSEN RAKENNETYYYPIT	18
3.1 Uretaanieristeinen puurankaseinä	18
3.2 Villaeristeinen puurankaseinä	21
3.3 Kantava teräsbetoniseinä	23
3.4 Uretaanieristeinen puuristikkoyläpohja	25
3.5 Mineraalivillaeristeinen puuristikkoyläpohja	27
4 TULOSTEN TARKASTELU	29
4.1 Seinärakenteiden kustannustarkastelun tulokset	29
4.2 Yläpohjarakenteiden kustannustarkastelun tulokset	31
4.3 Rakenteiden kosteustarkastelun tulokset	32
5 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	35

LIITTEET

- Liite 1. Kustannuslaskentakohteen pohjapiirros
- Liite 2. Kustannuslaskentakohteen leikkauspiirros
- Liite 3. Kustannuslaskelma, US1
- Liite 4. Kustannuslaskelma, US2
- Liite 5. Kustannuslaskelma, US3
- Liite 6. Kustannuslaskelma, YP1
- Liite 7. Kustannuslaskelma, YP2
- Liite 8. Kosteustekninen toiminta US1
- Liite 9. Kosteustekninen toiminta US1 runkotolpan kohdalla
- Liite 10. Kosteustekninen toiminta US2
- Liite 11. Kosteustekninen toiminta US2 runkotolpan kohdalla
- Liite 12. Kosteustekninen toiminta US2 sisärungon kohdalla (runkotolpat eri linjassa)
- Liite 13. Kosteustekninen toiminta US2 ulkorungon kohdalla (runkotolpat eri linjassa)
- Liite 14. Kosteustekninen toiminta US3
- Liite 15. Kosteustekninen toiminta YP1
- Liite 16. Kosteustekninen toiminta YP1 kattoristikon kohdalla
- Liite 17. Kosteustekninen toiminta YP2
- Liite 18. Kosteustekninen toiminta YP2 kattoristikon kohdalla
- Liite 19 Kosteustekninen toiminta kesädiffuusio

KUVAT

Kuva 1. Rakenteen sisäinen konvektio.	12
Kuva 2. US1-ulkoseinärakenne.	20
Kuva 3. US2-ulkoseinärakenne.	22
Kuva 4. US3-ulkoseinärakenne.	24
Kuva 5. YP1-yläpohjarakenne.	26
Kuva 6. YP2-yläpohjarakenne.	28

TAULUKOT

Taulukko 1. energiantarpeet.	8
Taulukko 2. Kylläisen ilman vesihöyrynpitoisuus.....	14

1 JOHDANTO

Passiivirakenteiden suunnittelu ja toteutus on vaativaa ammattityötä, ja aiheeseen perhtyminen on välttämätöntä oikeantyyppisen toteutuksen kannalta. Passiivirakenteiden uskotaan olevan kosteusteknisesti riskialttiita rakenteita. Käsite ”passiivitalo” on Suomessa melko uusi, ja pientalojen uudisrakentajilla on omat epäilyksensä passiivirakenteiden toimivuudesta.

Tässä opinnäytetyössä pyritään selvittämään muutamien passiivirakennetyyppien kosteusteknistä toimintaa sekä tehdä mallinnetuille rakenteille kustannusvertailut. Työn tilaajana toimii Hartela Oy, ja tutkimuksessa olevat perusrakennemallit sovittiin Hartela Oy:n kanssa. Työn edetessä toteutusvaiheeseen opinnäytetyön tekijä täsmensi rakennetyypeissä käytettäviä materiaaleja sekä materiaalien ominaisuuksia. Tutkimuksessa mukana oleva US2-seinärakenne on käytössä Hartela Oy:n urakoimassa passiivitalokohteessa Naantalin Soinisissa ja kohteen tilaajana toimii VASO.

Kosteusteknisen toiminnan laskelmat sekä mallinukset suoritettiin DOF-lämpö-ohjelmistolla. DOF-lämpö soveltuu ilmankosteuden käyttäytymisen arviointiin rakenteen sisällä. Ohjelmistolla saadaan tarkasteltua rakenteen sisällä ilmeneviä kosteuksia suhteellisina pitoisuuksina, määränä (grammaa) sekä pascaleina (vesihöyryn paine).

Tutkimuksen rakenneratkaisuista tehdyt kustannuslaskelmat koskevat tiettyyn rakennusosaan kuuluvia materiaaleja, työtä sekä tarvikkeita. Lopputuloksena saadaan esimerkiksi seinärakenteelle todellinen neliöhinta, jota voidaan jatkossa käyttää rakennuskustannusten tarkempaan arviointiin suunniteltaessa kohteita käyttäen kyseisiä rakenteita. Rakenteiden toteutukseen kuluvat työmenekit on peräisin RATU 2010 -työmenekikirjasta, ja laskelmissa esiintyvät kustannukset ovat jälleenmyyjien antamien tarjousten kautta saatuja tietoja (K-Rauta Oy, Tuomas Railonvira, henkilökohtainen tiedontanto; Starkki Oy Ab, Mikko Juhola, henkilökohtainen tiedonanto).

Tutkimuksen lopussa esitellään päätelmiä tutkimukseen kuuluvien rakenteiden kosteusteknisistä toimivuuksista.

2 PASSIIVITALO

Lylykankaan ja Niemisen mukaan ”lähtökohtaisesti mikä tahansa rakennus voidaan suunnitella passiivitaloksi (Lylykangas & Nieminen 2013). Passiivirakenteiden tarkoituksena on pyrkiä minimoimaan lämmitysenergian tarve, ja näin pyrkiä säästämään luonnonvaroja. Passiivirakentamiselle on asetettu yhteiset kriteerit koko EU:n alueelle, joita on sovellettu kunkin alueen vallitsevaan ilmastoon. Tarkoituksena on maksimoida rakennuksen energiatehokkuus kohtuullisin hinnoin. (Lylykangas & Nieminen 2013)

Suomen ilmastossa rakennettavalle passiivitalolle on säädetty seuraavat vähimmäiskriteerit, joiden kaikkien tulee täytyä, jotta voidaan puhua passiivitalosta.

Taulukko 1. Ergiantarpeet (www.passiivi.info).

	Etelärannikko	Maan keskiosat	Pohjoisosat
Lämmitysenergiantarve	$\leq 20\text{kWh}(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 25\text{kWh}(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 30\text{kWh}(\text{m}^2\text{a})$
Primäärienergiantarve	$\leq 130\text{kWh}(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 135\text{kWh}(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 140\text{kWh}(\text{m}^2\text{a})$
Ilmanvuotoluku n50	$\leq 0,6 \text{ 1/h}$	$\leq 0,6 \text{ 1/h}$	$\leq 0,6 \text{ 1/h}$

Passiivitaloa määriteltäessä energialaskelmissa otetaan huomioon ainoastaan rakennuksen lämmitysenergian tarpeen osuus. Laskennallisena pinta-alana käytetään Suomessa rakennuksen lämmitettävää bruttopinta-alaa, joka lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman määrittelemällä tavalla. Pinta-alojen laskenta-ohjeet läytyvät myös RT-kortista 12-11055. (www.passiivi.info.)

Passiivitaloa rakennettaessa tulee ilmatiiviyden olla hyvällä tasolla. Mikäli ilmatiiviystavoite asetetaan passiivitasolle, tulee rakennettavassa kohteessa suorittaa ilmatiiviysmittaus ennen rakennuksen käyttöönottoa, jonka avulla varmistetaan passiivitason saavuttaminen.

2.1 Ilmatiiviyden merkitys

Ilmatiiviydellä on merkittävin osa passiivirakennuksen lämmönkulutuksen sekä rakenteen toimivuuden kannalta; vaikka rakennuksen ulkovaipan lämmönjohtavuus olisi erinomaisen alhaisella tasolla, olisi huono ilmatiiviyys kohtalokasta rakenteen toimivuuden kannalta. Massiiviset seinärakenteet pitävät itsessään sisäilman hyvin paikallaan, mutta läpivientien sekä liitoskohtien huonolla tiivistyksellä aiheutetaan rakenteeseen ilmanvuotokohtia. Pienissä ilmanvuotoaukoissa ilmavirtaus eli konvektio kasvaa johtuen ympäröivästä tiiviistä rakenteesta sekä rakennusosien eri puolilla vallitsevista paine-eroista. Tämä aiheuttaa sisätilaan normaalia suuremmat ilmavirtaukset, jotka tuntuvat asukkaista epämukavana vatoisuutena.

Passiivirakenteessa olevat konvektiokohdat saattavat pitkällä aikavälillä olla myös aiheuttajana kosteusvaurioille. Kun tiiviissä rakenteessa olevaan ilmanvuotokohtaan muodostuu suuri konvektio, pääsee lämmin ja usein ulkoilmaa kosteampi sisäilma rakenteen sisälle. Näihin konvektiokohtiin syntyy suurempi kondensoitumisen riski, kun lämmin sisäilma sekoittuu ulkoilmaan suurempana määränä, jolloin myös vesihöyryn määrä rakenteen sisässä kasvaa. Konvektio aiheutuu ilmanpaineen ja lämpötilojen eroista eri rakenneosien välillä. (www.tiivistalo.fi.)

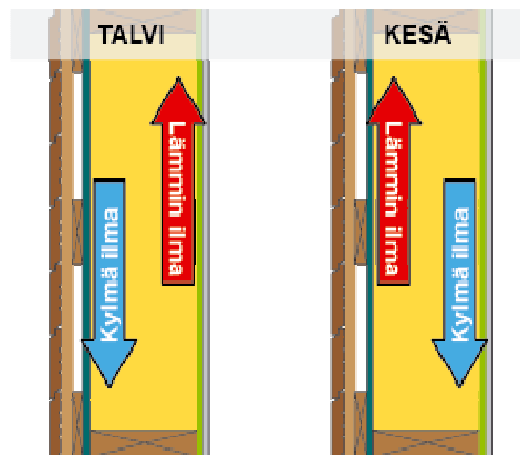
On olemassa kahdenlaista konvektiota, pakotettu konvektio sekä luonnollinen konvektio. Pakotetussa konvektiossa ilma ohjataan hallitusti haluttuun paikkaan toivottua reittiä pitkin, kuten ilmastointikanava. Pakotetussa konvektiossa siirretään rakennusten sisällä olevia ilmamassoja ulkoilmaan, jolloin saadaan pidettyä sisäilmassa vallitsevat olosuhteet haluttuina ja tasalaatuisina. Pakotetulla konvektiolla pyritään ehkäisemään haitallisen konvektion esiintymistä epäedullisiin kohtiin rakennuksen vaipassa. (www.tiivistalo.fi.)

Luonnollinen konvektio aiheutuu ilmanpaineiden sekä lämpotilojen eroista rakennneosien eri puolilla sekä rakenteiden sisällä. Luonnollista konvektiota esiintyy ulkona esimerkiksi tuulena. Luonnollinen konvektio voi syntyä rakennuksen vaipparakenteen kohtaan, jossa on reikä, jonka kautta ulkoilma ja sisäilma pääsevät kulkeutumaan rakenteen läpi. Tämä konvektio aiheutuu ulko- ja sisäilman välillä olevasta lämpötilaerosta. Lisäksi pyritään pitämään rakennuksen sisäilman alipaineisena ilmanvaihdon avulla, mikä puolestaan lisää vuotokohtien konvektiota. Suurehkot konvektiokohdat löytyvät rakenteesta melko helposti, sillä konvektiokohdan läpi kulkeutuvan ilman määrä on niin suuri, että se tuntuu rakennuksen sisällä epämukavana vetoisuutena. (www.tiivistalo.fi.)

Passiivitasolle määritelty ilmatiiviystaso on mahdollista saavuttaa, kun kiinnitetään huomiota rakenteiden toteutusvaiheen tiivistykseen. Erinomainen ilmatiiviys parantaa asumismukavuutta sekä takaa passiivirakenteen kosteusteknisen toimivuuden pitkällä aikavälillä, kun vesihöyry ei pääse rakenteeseen sisälle.

Passiivirakenteiden oikeantyyppisellä suunnittelulla pystytään ehkäisemään myös ilmanvuotokohtiin syntyvät riskit. Kun suunnitteluvaiheessa rakennekerrokset suunnitellaan siten, että käytetyt rakennekerrokset tasaavat kosteuskehityksen rakenteen sisässä, kastepiste saadaan kylmilläkin ilmoilla sellaiseen kohtaan, missä tiivistymisestä ei ole enää haittaa rakenteelle.

Rakenteiden sisäisellä konvektiolla tarkoitetaan ilmavirtauksia esimerkiksi rakenteen eristekerroksen sisässä. Seinärakenteessa lämmin sisäilma lämmittää myös huokoisen eristekerroksen sisällä olevaa ilmaa. samaan aikaan eristekerroksen ulkopinnassa vaikuttava kylmä ulkoilma pyrkii jäähtyttämään eristekerroksen sisällä olevaa ilmaa.



Kuva 1. Rakenteen sisäinen konvektio (www.tiivistalo.fi)

Tämä aiheuttaa rakenteen sisäistä konvektiota, jolloin lämmin ilma nousee ylös ja kylmä ilma painuu alas. Rakenteen sisäinen konvektio heikentää rakennusosan lämmöeristävyyttä ja lisää ilmankosteuden kondensoitumisen riskiä rakenteen sisälle. (www.tiivistalo.fi)

2.2 Kosteustekninen toiminta rakenteessa

Passiivirakennuksissa rakenteen kosteustekninen toiminta nousee suunnittelussa merkittäväksi tekijäksi. Erityistä huomiota tulee kiinnittää tiiviyyteen sekä lämpötilan laskuun rakenteen sisässä. Aikaisemmin tunnettua rakentamismallia rakenteiden harvenemisesta ulospäin mentäessä ei aina voida hyödyntää passiivirakennusta suunniteltaessa, sillä nykyaikaisilla materiaaleilla päästään niin hyviin lämmöneristys- sekä vesihöyrynvastuskertoimiin, että tiivis pinta voidaan sijoittaa aiempaa syvemmälle seinään tai jopa kokonaan kantavan seinärakenteen ulkopuolelle. Rakennekosteus toimii erityyppisissä rakenteissa eri tavoin, ja suuressa roolissa on edelleen ilmatiiviys, sillä passiivitalon erinomaisella ilmatiiviydellä estetään sisäilman kosteuden pääsy rakenteeseen lähes täydellisesti.

Erityinen huomio tulee kiinnittää kosteiden tilojen vedeneristyksellä varustettuihin rakenteisiin. Märkätilojen sekä ulkoseinän tiiviiden pintojen väli on saatava tuuletettua sisätiloihin. Jos vesieristeen ja tiiviin seinäpinnan välinen tila ei tuuleteta riittävästi, on riski, että suihkutilasta välitilaan mahdollisesti päässyt kosteus ei pääse poistumaan välitilasta, jolloin rakenteet saattavat vaurioitua.

2.3 Vesihöyry rakenteessa

Vesihöyry kulkeutuu rakenteen läpi diffuusiolla. Diffuusio aiheutuu rakennuksen sisällä olevan ilmankosteuden erosta ulkoilman kosteuteen nähden. Vesihöyry aiheuttaa ilmaan tietyn paineen. Mitä suurempi vesihöyryn määrä on, sitä suurempi on vesihöyryn aiheuttama osapaine. Sisä- ja ulkoilmassa vallitsee yleensä eri vesihöyryn osapaineet, jolloin vesihöyry pyrkii tasaantumaan suuremmasta osapaineesta pienempää, mikä tarkoittaa sitä, että suurimpana osana vuotta sisäilman kosteus pyrkii kulkemaan seinärakenteen läpi ulkoilmaan. (Siikanen 1996, 54.)

Diffuusiota ehkäistään rakenteessa höyrynsulkumuovilla tai muilla vesihöyryntiiviillä rakenteilla.

Vesihöyryn diffuusiolla on yksi merkittävä ominaisuus, tiivistyminen. Ilmaan mahtuu tietty määrä vesihöyryä lämpötilasta riippuen (ks. taulukko 2). Lähes poikkeuksetta tiivistymisreaktiot tapahtuvat talvella kylmän ulkoilman vallitessa. Kylmä ilma ei pysty sitomaan suuria määriä vesihöyryä, joka aiheuttaa sen, että talvisaikaan ulkoilman suhteellinen kosteus on jatkuvasti lähellä RH90. Tämä taas tarkoittaa sitä, että kyseinen ulkoilma on jo valmiiksi lähellä kyllästymiskosteutta, jolloin vesihöyry alkaa tiivistyä. Samaan aikaan kun ulkoilmassa vallitsee kireä pakkanen, pyrimme lämmittämään sisäilmaa 20–22 C-asteiseksi. Ilman lämmittäminen itsessään ei suoraan aiheuta ilman suhteellisen kosteuden kasvua, jonka takia talvella sisäilman kosteus saattaa pysyä todella alhaisena. Lämmin ja kuiva sisäilma aiheuttaa ihmisille usein epämiellyttäviä iho-oireita, kutinaa ym., mistä johtuen usein talvisaikaan sisäilmaa pyritään lämmityksen lisäksi kostuttamaan esimerkiksi keittämällä vettä liedellä. Lämpimän sisäilman lisäkostuttaminen aiheuttaa sisäilman suhteellisen kosteuden nousun. Jos sisäilmaa kostutetaan liikaa (20 C^o:een lämpötilassa yli RH50), alkaa sisäilmasta siirtyä diffuusion kautta kosteutta rakennuksen vaipan läpi ulkoilmaan. Kun talvella ulkoilman suhteellinen kosteus on jo valmiiksi RH90, tapahtuu rakenteen sisällä vesihöyryn tiivistymistä, joka pitkällä aikavälillä aiheuttaa kosteusvaurioita.

Taulukko 2. Kylläisen ilman vesihöyrynpitoisuus (www.sarlin.com)

Lämpötila °C	Vesisisältö g/m ³	Lämpötila °C	Vesisisältö g/m ³	Lämpötila °C	Vesisisältö g/m ³	Lämpötila °C	Vesisisältö g/m ³
+100	588	+58	118	+16	13,5	-26	0,51
+99	569	+57	113	+15	12,7	-27	0,46
+98	550	+56	108	+14	12	-28	0,41
+97	532	+55	103	+13	11,3	-29	0,37
+96	514	+54	98,9	+12	10,6	-30	0,33
+95	497	+53	94,5	+11	9,96	-31	0,301
+94	480	+52	90,2	+10	9,36	-32	0,271
+93	464	+51	86,2	+9	8,74	-33	0,244
+92	448	+50	82,3	+8	8,23	-34	0,22
+91	433	+49	78,5	+7	7,73	-35	0,198
+90	418	+48	74,9	+6	7,25	-36	0,178
+89	403	+47	71,4	+5	6,79	-37	0,16
+88	389	+46	68,1	+4	6,36	-38	0,144
+87	375	+45	64,8	+3	5,95	-39	0,13
+86	362	+44	61,8	+2	5,57	-40	0,117
+85	340	+43	58,8	+1	5,21	-41	0,104
+84	337	+42	56	0	4,87	-42	0,093
+83	324	+41	53,3	-1	4,49	-43	0,083
+82	311	+40	50,7	-2	4,14	-44	0,075
+81	301	+39	48,2	-3	3,89	-45	0,067
+80	290	+38	45,6	-4	3,51	-46	0,06
+79	279	+37	43,5	-5	3,24	-47	0,054
+78	269	+36	41,3	-6	2,98	-48	0,048
+77	259	+35	39,3	-7	2,75	-49	0,043
+76	249	+34	37,2	-8	2,54	-50	0,038
+75	239	+33	35,3	-9	2,34	-51	0,034
+74	230	+32	33,5	-10	2,16	-52	0,03
+73	221	+31	31,7	-11	1,96	-53	0,027
+72	213	+30	30,1	-12	1,8	-54	0,024
+71	204	+29	28,5	-13	1,65	-55	0,021
+70	196	+28	27	-14	1,51	-56	0,019
+69	188	+27	25,5	-15	1,38	-57	0,017
+68	181	+26	24,1	-16	1,27	-58	0,015
+67	174	+25	22,8	-17	1,15	-59	0,013
+66	167	+24	21,6	-18	1,05	-60	0,011
+65	160	+23	20,4	-19	0,96	-65	0,0064
+64	153	+22	19,3	-20	0,88	-70	0,0033
+63	147	+21	18,2	-21	0,8	-75	0,0013
+62	141	+20	17,1	-22	0,73	-80	0,0006
+61	135	+19	16,2	-23	0,66	-85	0,00025
+60	129	+18	15,2	-24	0,6	-90	0,0001
+59	123	+17	14,3	-25	0,55		

Lämpötilaerojen ollessa riittävän suuria rakenteen eri puolin, kehittyy rakenteen sisälle ns. kastepiste. Kastepisteellä tarkoitetaan sitä lämpötilaa, jossa korkeammassa lämpötilassa vallitseva suurempi kosteus kyllästää rakenteen läpi kulkevaa kylmenevää ilmaa niin paljon, että ilmassa esiintyvä vesihöyrypitoisuus ei enää mahdu siihen. Tähän kohtaan syntyy kastepiste, vesihöyry alkaa tiivistyä vedeksi ja samalla se alkaa kastella rakenteita. Tiivistymisestä aiheutuvat kosteusvauriot ja ongelmat ovat tyypillisesti pitkän aikavälin tapahtumia. Vaurion kehittyminen saattaa kestää jopa vuosia, jonka takia mahdollisesti alkamassa olevaa vauriota on vaikea havaita etukäteen, sillä varsinaisia kastumisen merkkejä ei näy pinnoilla. (www.sisailmayhdistys.fi.)

Kesällä diffuusio saattaa vaikuttaa myös toiseen suuntaan: sisäilman kosteus ja lämpötila pidetään vakiona, esimerkiksi 21 C° ja RH 45. Lämpimällä kesäsäällä ulkoilman lämpötila saattaa olla 25 C° ja RH 70. Tämän tyyppisissä tapauksissa ulkoilmassa on enemmän kosteutta kuin rakennuksen sisällä, jolloin diffuusio vaikuttaa rakenteessa toiseen suuntaan. Kesällä tapahtuvasta diffuusiosta ei useinkaan aiheudu vaaraa rakenteille, sillä korkeammassa lämpötilassa on suurempi kyllästymiskosteus, ja lämpötilaerot kesällä ulkoilman ja sisäilman välillä ovat niin pieniä, että diffuusiolla siirtyvät vesihöyryt mahtuvat sekä sisä- että ulkoilmaan. Ongelmia saattaa esiintyä, jos kesällä ilmenee suuria lämpötila- ja kosteuseroja sisä- ja ulkoilman välillä, ks. liite 19. Liitteessä on esitetty mahdollisuus kesädiffuusiolla tapahtuvasta tiivistymisestä, jossa ulkoilman lämpötila ja kosteuspitoisuus ovat suuria ja samalla rakennuksen sisäilmaa jäähdytetään mekaanisesti (ilmanvaihtokoneella ym.). Ulkoilmasta sisäilmaan diffuusiolla siirtyvä vesihöyrymäärä ei mahdu sisäilman jäähdyttämään seinärakenteeseen, jolloin vesihöyry tiivistyy ulkoilmaa kylmemmän höyrynsulkumuovin pintaan.

Rakenteet saattavat vaurioitua jo ennen varsinaisen tiivistymisen tapahtumista. Esimerkiksi kosteudelle herkkä puu on yleisesti käytetty rakennusmateriaali. Puu on homeille erinomainen kasvualusta, ja puu alkaa homehtua jo silloin, kun ilmankosteus pysyttelee useita viikkoja yhtäjaksoisesti yli 80 %:ssa. (www.puuinfo.fi.)

Kaikki kosteusteknisestä toiminnasta aiheutuvat riskit ja vauriot pystytään minimoimaan ja poistamaan oikeaoppisella suunnittelulla ja toteutuksella.

2.4 Ilmanvaihdon merkitys tiiviissä rakenteessa

Passiivitason rakennuksilla on oltava tehokas ja toimiva ilmanvaihtojärjestelmä. Kun korvausilmaa ei ole mahdollista saada rakennuksen vuotoilman kautta, on pystyttävä varmistumaan siitä, että koneellinen ilmanvaihto tarjoaa rakennuksessa oleskeleville henkilöille riittävästi hyvälaatuaista ilmaa.

Tärkeimpiä ilmanvaihdon ominaisuuksia passiivirakenteisessa rakennuksessa on oikean kosteustasapainon sekä riittävän alipaineen pitäminen.

Rakennuksen sisäilman suhteellisella kosteuspitoisuudella on suuri merkitys rakenteen toimivuuden kannalta, myös muilla kuin passiivirakennetyypeillä. Sisäilman suhteellinen kosteus 20–22 °C:een lämpötilassa tulisi pystyä pitämään alle RH 50. Sisäilman suhteellisen kosteuden osuus korostuu varsinkin talvella, jolloin ulkoilman lämpötila on niin alhainen, ettei se pysty varaamaan itseensä riittävästi rakennuksen vaipan läpi diffuusiolla siirtyvää vesihöyryä. Kun sisäilman suhteellinen kosteuspitoisuus (RH) pidetään alle 50 %, ei esiinny riskejä rakenteen sisälle tiivistyvistä kosteudesta, olettaen, että rakenteet on suunniteltu ja toteutettu oikeaoppisesti. Oikeaoppisuudella ei tässä yhteydessä tarkoiteta aiemmin käytettyä rakentamistapaa, jossa rakennekerrosten tulee harveta ulospäin mentäessä. Tänä päivänä käytössä on niin tehokkaita sekä suuria vesihöyrynvastuksia omaavia eristemateriaaleja, joiden avulla rakenteet pystytään toteuttamaan eri ratkaisuin kuin mitä ns. ”rintamamiestalon” aikaan on opittu. Passiivirakenteita suunnittelevilla henkilöillä tulee tällöin olla riittävä kokemus sekä hyvä perehtyneisyys eri materiaalien kosteustekniseen toimivuuteen.

3 TUTKIMUKSEN RAKENNETYYPIT

3.1 Uretaanieristeinen puurankaseinä

Tutkimuksen ensimmäinen rakennetyyppi on puurakenteinen polyuretaanieristeinen seinärakenne. Seinärakenteen U-arvo on 0,081 W/mK, jonka avulla saadaan toteutettua passiivitason vaatimus lämmitysenergian kulutuksesta. Uretaanieristettä käytetään seinärakenteissa sen hyvän lämmöneristävyyden, erinomaisen ilmatiiviyden sekä vesihöyrynvastuksen takia. Käytettäessä uretaanieristeitä rakenteessa ei tule käyttää erillistä höyrynsulkumuovia, sillä eriste itsessään toimii höyrynsulkuna. Kyseisen seinärakenteen kokonaisvahvuus on 393 mm, joka on passiivirakenteiseksi seinäksi hyvä saavutus.

Kyseisessä rakenteessa tiivis yhtenäinen pinta on sijoitettu kantavan seinärakenteen ulkopuolelle, tiiviinä pintana toimii 160 mm paksu uretaanieriste, joka on laminoitu molemmiin puoliin alumiinilaminaatilla. Suunnittelun oletuksena oli, että käytettävä uretaanieriste on vesihöyrynläpäisevyydeltään ja lämmöneristävyydeltään niin hyvä, että oli järkevintä sijoittaa yhtenäinen eristekerros kantavan seinärakenteen ulkopuolelle, jolloin tarkoituksena oli saada kantava runko pysymään ympäri vuoden tasalämpöisessä ja tasaisessa kosteusrasituksessa olevassa sisäilmassa. Näin pyrittiin aikaansaamaan mahdollisimman vähän ilmankosteudesta aiheutuvia riskirakenteita ja höyrynsulun läpivientien määrä saatiin minimoitua esim. välipohjien kohdalla.

Esiteltävässä rakennemallissa on eristerapattu julkisivu. Oletuksena oli, että seinärakenteen ollessa kauttaaltaan ja ympäri vuoden tasalaatuisissa olosuhteissa ei tapahdu puurungolle ominaista elämistä, jolloin rappaus voitiin suunnitella tehtäväksi eristerappauksella. Eristeet suunniteltiin kiinnitettäväksi pitkillä ruuveilla paksun eristekerroksen läpi kantavaan runkoon.

160 mm paksu eristekerros ei yksin riittänyt kattamaan passiivirakenteille vaadittavaa U-arvoa. 48 x 148 rungon väliin suunniteltiin 100 mm paksu uretaanieriste, joka vaahdotetaan tiiviisti runkorakenteeseen. Samalla saatiin rasioille ja putkille valmiiksi asennustilat, jolloin säästytään työpanoksilta.

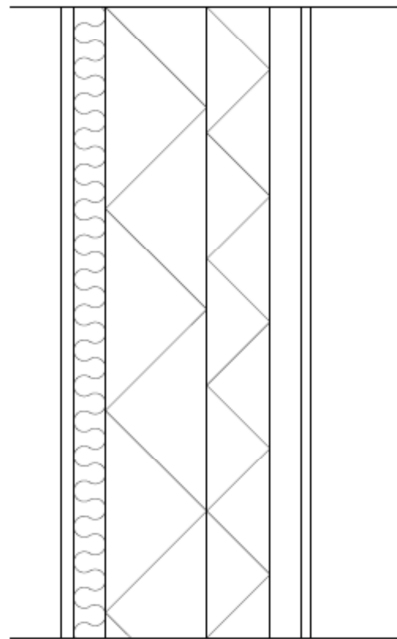
Erillisiä sisäpuolen koolauksia ei tarvittu, sillä rakenteen sisäpinta voidaan levyttää suoraan suunniteltuun runkorakenteeseen.

Märkätilan suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota tuulettuvuuden kannalta. Kuten kaikissa puurakenteisissa rakennuksissa märkätilojen seinät on tehtävä ulkoseinien osalta sisätiloihin tuulettuviksi. Ilmankierto voidaan hoitaa perinteisesti suunnittelemalla märkätilat muuratulla rakenteella, jolloin ulkoseinän ja muuratun märkätilaseinän väliin jätetään 20–30 mm:n ilmarako. Vaihtoehtoisena ratkaisuna pystyrunkoon voidaan asentaa vaakakoolaukset, joiden päälle asennetaan kivi- tai märkätilalevy. Kummatkin ratkaisut tulee kierrättää kuvista tiloista siten, että ilma pääsee kuivista huonetiloista kulkeutumaan seinärakenteiden väliin toisesta reunasta ja takaisin kuivan tilan huoneilmaan toisesta reunasta. Optimaalisesti rakenne saadaan toimimaan, kun huoneet sijoitetaan siten, että märkätilat sijoittuvat ns. ”puhtaan ilman huoneen” ja ”likaisen ilman huoneen” väliin. Puhtaan ilman huonetilassa on ilmanvaihdon tuloilmaventtiili, ja likaisen ilman huonetilassa on poistoilmaventtiili. Näin saadaan ilma kiertämään kosteiden tilojen rakenteiden välissä ja kosteustekninen toiminta varmistetaan.

US1-ulkoseinärakenteessa olevat kerrokset sisältä ulospäin ovat kipsilevy GN 13 mm; kantava puurunko 48 x 148 mm sekä polyuretaanieriste 100 mm $\lambda 0,023\text{W/mK}$ (www.spu.fi); polyuretaanieriste 160 mm $\lambda 0,023\text{W/mK}$ (www.spu.fi); Isover rappausrappaus FS50 50 mm $\lambda 0,031\text{W/mK}$ (www.isover.fi); paksurappaus. Käytetyissä polyuretaanieristeissä tulee olla alumiinilaminaattipinnoite monemmin puolin levyä.

Kuva 2. US1-ulkoseinärakenne.

US1



3.2 Villaeristeinen puurankaseinä

US2-ulkoseinä rakenne otettiin opinnäytetyöhön Hartela Oy:n toiveesta. US2-seinä rakenne on käytössä VASO:n passiivitalohankkeessa Naantalin Soinisissa.

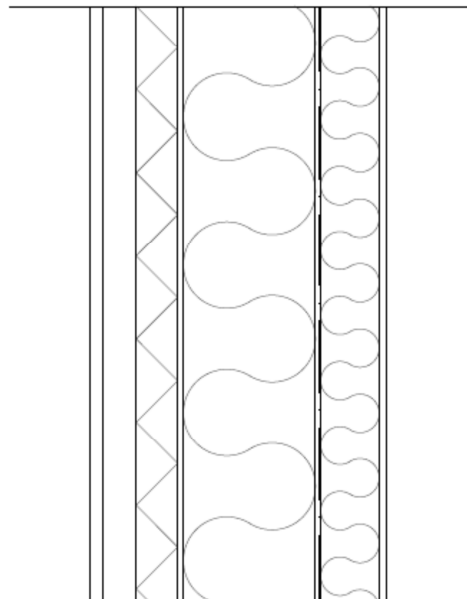
Tutkimuksen toisen seinärakenteen (US2) u-arvo on 0,095 W/mK. Seinärakenteen kokonaisvahvuus on 500 mm. Kyseisen seinärakenteen alhaisen lämmönläpäisykertoimen ansiosta rakennetta käyttämällä pystytään saavuttamaan passiivitalolle asetetut vaatimukset.

Seinärakenteessa käytettävä kivivillaeriste on hengittävää materiaalia, eikä itse lämmöneristysmateriaali ole otollinen kasvualusta homeille. Rakenteessa höyrynsulkumuovi sijoitettiin kahden erillisen puurungon väliin, jolloin höyrynsulkukerros saatiin pidettyä yhtenäisenä sekä läpivientien ja naulanreikien kohdat saatiin minimoitua. Höyrynsulkumuovin kanssa samassa puurunkojen välitilassa olevalla havuvanerilla toteutettiin rakennuksen jäykistys. Vaneri on kestävä sekä jäykkä materiaali, jonka ansiosta rakennuksen jäykistys kyseisellä materiaalilla onnistui hyvin. Vaneri on materiaalina myös tiivis tuote. Yleisesti tiedetään, ettei hyvin tiivistä materiaalia saa kondensoitumisen takia sijoittaa seinärakenteen sisälle tai lähelle ulkopintaa. US2-rakenteessa kuitenkin tiiviin vaneripinnan ulkopuolella on lämmöneristettä vielä 295 mm, jonka ansiosta kondensoitumisen vaaraa ei aiheutunut vanerin sijoituskohdassa. Samasta syystä myös höyrynsulkumuovi voitiin sijoittaa samaan kohtaan. Vanerikerroksen jälkeen rakenteeseen sijoitettiin mitallistettu 48 x 223 kantava runko kivivillaeristeellä. Rungon ulkopuolelle suunniteltiin lisäksi tuulensuojakipsilevy sekä tuulensuojavilla. Pintarakenteeksi suunniteltiin tuulettuva julkisivulaudoitus tehostamaan rakenteen kuivumista ulospäin.

US2-seinärakenteessa käytetyt rakennekerrokset sisältä ulospäin ovat kipsilevy GM 13 mm; pystyrunko 48 x 98 mm sekä kivivilla 100 mm λ 0,033W/mK (www.paroc.fi); höyrynsulkumuovi 0,2 mm; havuvaneri 9 mm; kantava puurunko 48x223 mm sekä kivivilla 225 mm λ 0,033W/mK (www.paroc.fi); tuulensuojakipsilevy 9 mm; tuulensuojavilla 70 mm paroc cortex λ 0,033W/mK (www.paroc.fi); julkisivun koolauslaudoitus 22 x 100 mm; julkisivulaudoitus.

Kuva 3. US2-ulkoseinärakenne (Kalle Tammi, henkilökohtainen tiedonanto 11.3.2013).

US2



3.3 Kantava teräsbetoniseinä

Tutkimuksen kolmantena rakennetyypinä käsiteltiin kantavaa teräsbetoniseinää uretaanieristyksellä sekä EPS-rappauksella. Seinärakenteen kokonaisvahvuus on 410 mm ja U-arvo on 0,097.

Kantava teräsbetoniseinä otettiin tutkimukseen mukaan siksi, että energiatehokkaat rakenneratkaisut tekevät tuloaan myös suurempiin rakennuskohteisiin. Kyseistä teräsbetonirakennetta voidaan pientalohankkeiden lisäksi käyttää myös suuremmissa kohteissa, kuten kerrostaloissa sekä toimistorakennuksissa.

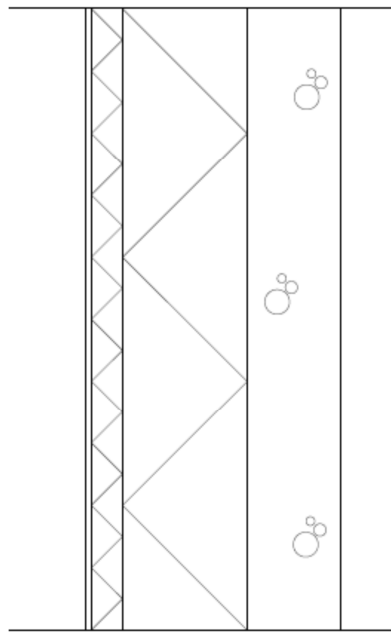
Kyseisen kantavan teräsbetoniseinän kosteusteknisiä tuloksia voidaan käyttää suoraan sekä paikallavalukohteissa että elementtirakentamisessa. Kantavan teräsbetoniseinän etuna puurakenteisiin rakenneratkaisuihin on sen ilmatiiviys sekä materiaalien kosteustekninen kestävyys. Betoni saadaan onnistuneen valun jälkeen jo itsessään niin tiiviiksi, ettei erillisiä tiivistystoimia tarvita kuin rakenteiden liitoskohdissa. Kantavan betoniseinän ulkopintaan asennettava alumiinilaminaattipintainen polyuretaanilevy tiivistää rakennetta entisestään. Kyseisellä rakenteella voidaan saavuttaa passiivitaso ilmanpitävyys ilman vaativia lisätiivistystoimia.

Kyseinen rakenne on toiminnaltaan luotettava myös kosteiden tilojen kohdalla, sillä rakenteessa ei tarvita erillisiä tuuletusrakoja, kuten puurakenteisissa seinissä. Kantavassa betonirakenteisessa seinässä voidaan vesieriste asentaa suoraan kantavan betoniseinän pintaan.

US3-seinärakenteessa käytettiin rakennekerroksissa materiaaleina sisältä ulospäin lukien kantava teräsbetoniseinä 150 mm; polyuretaanieriste 200 mm λ 0,023 W/mK (www.spu.fi); EPS S60 rappausaluseriste λ 0,039 W/mK (www.thermisol.fi); ohutrappaus 10 mm.

Kuva 4. US3-ulkoseinärakenne.

US3



3.4 Uretaanieristeinen puuristikkoyläpohja

Tutkimuksen neljänneksi rakennetyypiksi suunniteltiin puuristikkorakenteinen yläpohjarakenne, jonka lämmöneristeinä toimii polyuretaani sekä puhallusvilla. YP1-rakenteen U-arvo on ainoastaan 0,063, joka täytti selvästi passiivitason rakenteelle asetetut tavoitteet. Kyseisessä yläpohjarakenteessa 160 mm:n paksuinen lämmöneristelevy sijoitettiin kattoristikon alapaarteen alapuolelle, jolloin rakenne toimi höyrynsulkuna puurakenteen lämpimällä puolella.

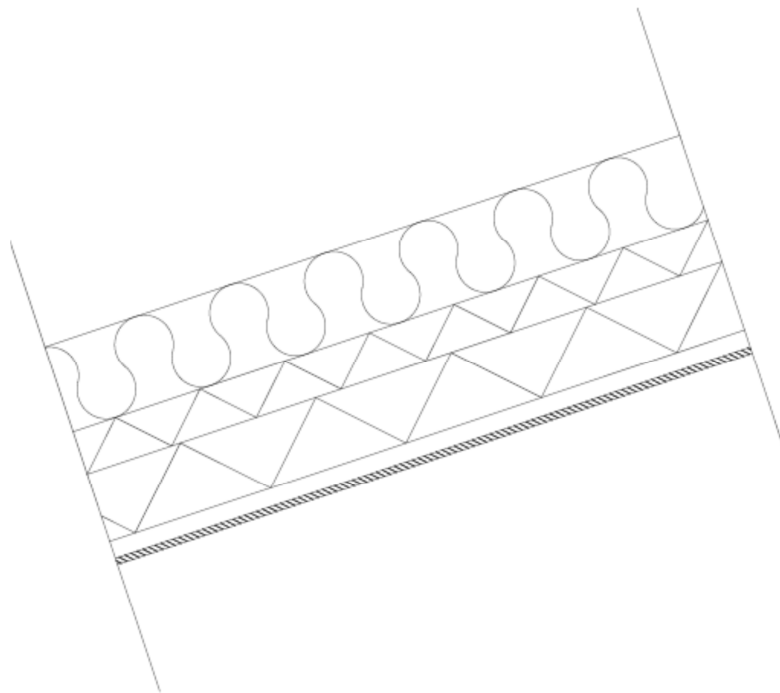
YP1-yläpohjarakenteesta saadaan helposti toteutettua ilmatiivis kokonaisuus, eikä rakenteeseen tarvinnut suunnitella erillistä höyrynsulkukerrosta polyuretaanilevyssä olevan diffuusiotiiviin alumiinilaminaattipinnoitteen ansiosta.

Rakenne suunniteltiin toteutettavaksi siten, että ensimmäisenä tuli asennettavaksi ristikoiden välinen eriste, joka tulee vaahdottaa heti asennuksen jälkeen. Seuraava työvaihe olisi ristikoiden alapuolelle tulevien eristeiden asennus. Eristeet suunniteltiin asennettavaksi eri suuntaisesti kattoristikoiden kanssa jolloin rakennekerrosten saumakohtat risteävät keskenään ja mahdollisen ilmavuotokohtat saadaan minimoitua. Ristikoiden alapuolelle asennettava eriste kiinnitetään alustavasti pitkällä puuruuveilla eristekerroksen läpi ristikoihin ja lopullinen kiinnitys tapahtuu koolauslautojen avulla, jotka ruuvataan 600 mm:n välein eristekerroksen läpi ristikoihin.

YP1-kattorakenteessa käytettiin puuristikkorakennetta, johon rakennekerroksiksi sisältä lukien tuli puupaneeli; ristiinkoolaus 22x100 mm; polyuretaani 160 mm λ 0,023W/mK (www.spu.fi); ristikon alapaarre ja polyuretaani 100 mm λ 0,023W/mK (www.spu.fi); Isover puhallusvilla 200 mm λ 0,041W/mK (www.isover.fi).

Kuva 5. YP1-yläpohjarakenne.

YP1



3.5 Mineraalivillaeristeinen puuristikkoylöpohja

Tutkimuksen toiseksi yläpohjarakenteeksi valittiin vaihtoehtoinen puuristikkoylöpohjarakenne. YP2-yläpohjarakenteessa on tavanomainen puhallusvillalla toteutettu eristeratkaisu, jossa puhallusvillaa on ristikon alapaarten yläpuolella 450 mm. YP2-rakenteen u-arvo on 0,091. Kyseisen yläpohjarakenteen lämmönvastus on huomattavasti heikempi kuin YP1-rakenteella, joten passiivitason energiankulutusvaatimusten täyttyminen on hankalampi toteuttaa kyseisellä yläpohjarakenteella.

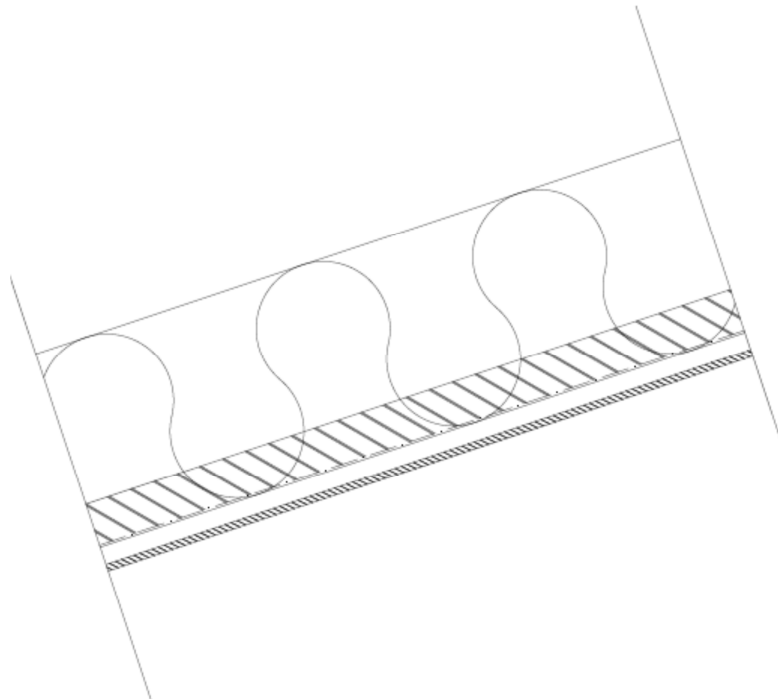
Rakenne otettiin tutkimukseen mukaan siksi, että rakenteen uskottiin olevan kosteusteknisesti turvallinen puhallusvillaeristeen hyvän vesihöyrynläpäisevyyden ansiosta. Paksusta eristekerroksesta ei näin aiheutuisi kosteusteknisiä ongelmia rakenteessa.

Rakenne on yksinkertainen toteuttaa työmaalla, eikä YP2-rakenteen toteutukseen vaadita urakoitsijoiden lisäkoulutusta asennustyön pysyessä samanlaisena tavanomaisten rakenteiden kanssa.

YP2-yläpohjarakenteessa käytettiin puuristikkorakennetta, johon rakennekerroksiksi sisältä lukien tuli puupaneeli; ristiinkoolaus 22 x 100 mm; höyrynsulkumuovi 0,2 mm; Isover puhallusvilla 450 mm λ 0,041W/mK (www.isover.fi)

Kuva 6. YP2-yläpohjarakenne.

YP2



4 TULOSTEN TARKASTELU

Opinnäytetyössä tehtiin kustakin tarkasteltavasta rakenteesta kustannuslaskelma sekä kosteustekninen tarkastelu DOF-lämpö-ohjelmistolla. Tähän lukuun koostettiin tutkimuksen lopputuloksista päätelmiä rakenteiden kosteusteknisestä toimivuudesta diffuusiotarkastelussa, sekä verrataan eri rakennetyyppien kustannuseroja keskenään.

4.1 Seinärakenteiden kustannustarkastelun tulokset

Kustakin seinä- ja yläpohjarakenteesta tehtiin Excel-pohjainen kustannuslaskelma. Kustannuslaskelmien materiaalihinnat ovat peräisin rakennustuotteiden jälleenmyyjien kautta saaduista todellisista tarjoushinnoista. Rakennetyyppien toteutukseen kuluvat työmenekit ovat peräisin RATU 2010 - työmenekikirjasta.

Seinärakenteet olivat materiaaleiltaan sekä toteutustavoiltaan varsin erilaiset. Tutkimukseen otettiin mukaan seinärakennetyyppejä, jotka ovat rakenteellisesti keskenään erilaisia ja passiivirakentamisessa yleisesti sovellettavissa olevia. Kustannuslaskelmien perusteella eri rakennetyypeille saatiin huomattavia hintaeroja. Tutkimuksessa mukana olleen kohteen kokoluokassa seinärakennetyypeillä seinäneliön hinta vaihteli 193:n ja 244:n euron välillä. Tutkimuksen laskelmissa käytettiin kohteena yksikerroksista pientaloa, jonka keskimääräinen seinäpinta-ala oli 145 m².

Eri seinärakenteiden kustannukset vaihtelivat 51€ m², jota voidaan pitää merkittävänä hintaerona. Pienemmissä rakennuskohteissa, kuten pientaloissa, rakennetyyppien toteutuksen kokonaiskustannukset pysyttelevät pienehköllä marginaalilla mutta kohteiden pinta-alojen kasvaessa tulee eteen rakennetyyppien kustannuksellinen arviointi. Lopputuloksena voitiin todeta, että huomiota tulisi kiinnittää hankesuunnitteluvaiheessa rakennuksen kokoon, jolloin eri rakennetyyppejä voitaisiin verrata keskenään kosteusteknisen toimivuuden kanssa.

Kalleimmaksi rakennetyypiksi osoittautui puurunkoinen ulkoseinärakenne uretaanieristyksellä sekä rapatulla julkisivulla. Edullisimmaksi vaihtoehdoksi laskelmien perusteella saatiin puurunkoinen ulkoseinärakenne kivivillaeristyksellä sekä julkisivulaudoituksella. Ulkoseinärakenteille hintaeroa kertyi lähinnä materiaalikustannuksista: rapattu julkisivu on laudoitettua julkisivua huomattavasti kalliimpi, ja uretaanieristeet ovat kivivillaeristeitä huomattavasti hinnakkaampia. Betonirakenteinen seinä sijoittuu kustannuksellisesti näiden väliin.

4.2 Yläpohjarakenteiden kustannustarkastelun tulokset

Tutkimuksessa oli mukana kaksi erityyppistä yläpohjaratkaisua. Rakenteellisesti molemmat YP1- sekä YP2-rakenteet ovat samantyyppisiä. Rakennetyypit on suunniteltu toteutettavaksi keskenään erityyppisillä lämmöneristeillä.

YP1 suunniteltiin toteutettavaksi uretaanieristyksellä ja puhallusvillaeristyksellä. Kyseisen rakenteen keskimääräiseksi neliökustannukseksi laskettiin kokonaisalaltaan 163 m²:n kokoiselle kattorakenteelle 141,5 €/m². YP2-rakenne suunniteltiin toteutettavaksi täysin puhallusvillaeristyksellä ja kyseisen yläpohjaratkaisun neliökustannukseksi laskettiin samalle katolle 114,3 €/m². Eri yläpohjarakennetyypeille kustannuseroa kertyi 27,2 €/m² puhallusvillalla eristetyn ratkaisun hyväksi. Toisaalta puhallusvillalla eristetty yläpohjarakenne omaa uretaanieristeeseen rakenteeseen verrattuna huomattavasti heikomman U-arvon.

Myös yläpohjarakenteissa hintaero syntyi enimmäkseen materiaalikustannuksista. Puhallusvilla on hyvin edullinen materiaali verrattuna uretaanieristeeseen. Yläpohjarakenteissa syntyi kustannuseroa myös työkustanteissa, sillä puhallusvillan asentaminen yläpohjarakenteeseen on huomattavasti nopeampaa kuin uretaanieristeiden asennus.

4.3 Rakenteiden kosteustarkastelun tulokset

Rakenteiden kosteustekninen tarkastelu suoritettiin DOF-lämpö-ohjelmistolla. Seinärakenteiden kosteusteknistä toimintaa tarkasteltiin talvikauden kylmimpinä aikoina, jolloin kondensoitumisen riski on suurimmillaan. Tarkasteluissa ulkoilman lämpötilaksi asetettiin $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ asteen ja ulkoilman suhteelliseksi kosteusprosentiksi asetettiin 90. Sisäilman lämpötilaksi asetettiin $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ asteen ja sisäilman suhteelliseksi kosteusprosentiksi 50. Tarkasteluissa käytetyt ilmasto-olosuhteet ovat Suomen ilmastossa lähellä todellisuudessa vallitsevia maksimeja, tällä tarkoitetaan, että tutkimuksessa käytetty sisäilman kosteuspitoisuus RH 50 on talvisaikaan normaalia korkeampi. Sisäilman kosteuspitoisuus saadaan kohotettua talvisaikaan lähelle RH 50 kostuttamalla sisäilmaa tarkoituksella. Luonnollisesti talvisaikaan sisäilman kosteuspitoisuus vaihtelee RH 20–RH 30 välillä, jolloin seinärakenteen sisällä esiintyvät kosteuspitoisuudet pienenevät huomattavasti.

Tutkimuksen DOF-tulosteet ovat suuntaa antavia ja niillä voidaan tarkastella rakennekosteuden toimintaa tietyllä hetkellä vallitsevilla olosuhteilla. Yleisesti voidaan todeta, että ilmankosteuksien tulisi olla pitkään yhtäjaksoisesti sisäilmassa RH 50 tai yli ja ulkoilmassa RH 90 tai yli, jotta kondensoitumisesta aiheutuvia riskejä alkaisi syntyä. Hetkittäiset kosteuspitoisuuksien nousut eivät aiheuta riskejä rakenteissa.

Kosteusteknisten tulosten perusteella edellä mainituilla vallitsevilla olosuhteilla kaikki tutkimuksessa mukana olevat rakenteet osoittautuivat oikein toteutettuina kosteusteknisesti toimiviksi. Suurin kondensoitumisen riski tutkimuksessa olevista rakenteista esiintyi tuplarungolla sekä kivivillalla toteutetussa rakenteessa. Tutkimuksen tuloksista voitiin päätellä, että kahden erillisen pystyrungon on ehdottomasti oltava samassa linjassa, jotta haitalliselta tiivistymiseltä vältytään. Mikäli ulko- ja sisärunko asetetaan toteutusvaiheessa eri linjaan, on vaarana että sisäilman kosteus tiivistyy höyrynsulkumuovin pintaan ja aiheuttaa kosteus- ja homevaurioita sisärunkoon. Kyseisen rakenteen toteutuksen kannalta vaativuutta lisää kahden rungon väliin asetettava jäykistävä havuvaner, sillä ulkorungon sisäpuolelle asetettava havuvaner sekä höyrynsulkumuovi heikentää sisärungon rakennusvaiheessa ulkorungon tolppien sijainnin määrittämistä, jolloin tulee erityisen tarkasti selvittää ulkorungon puurangan sijainti ennen sisärungon asetusta paikalleen.

Muuten kaikki seinä- sekä yläpohjarakenteet osoittautuivat tarkastelujen perusteella diffuusion osalta turvallisiksi toteuttaa. Rakenteiden sisällä ei esiintynyt muita kondensoitumispisteitä vallitsevissa olosuhteissa ja puujulkisivulla varustettu seinärakenne tehostaa rakenteen kuivumista ulospäin. Kosteusteknisesti diffuusiotarkastelussa turvallisimmiksi vaihtoehdoiksi nousivat US3- sekä YP2-rakenteet, joissa suhteellinen kosteus ei vallitsevissa olosuhteissa noussut lähellekään kondensoitumispiitoisuuksia.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyö toteutettiin osakokonaisuuksina. Ensimmäiseksi työhön selvitettiin lukijalle passiivitalon perusominaisuuksia, vaatimuksia sekä toteutuksen kannalta tärkeitä seikkoja. Ensimmäisessä osiossa esiintyvä tieto on pääasiassa peräisin lähteistä, mutta joukkoon lisättiin työn edetessä myös omia päätelmiä. Omat päätelmät perustuivat kokemukseen sekä tämän opinnäytetyön tutkimuksen aikana opittuun tietoon.

Passiivitalon määrittelyn jälkeen suunniteltiin tutkimukseen tulevat rakennetyypit. Rakennetyypit suunniteltiin AutoCAD-ohjelmalla ja rakenteiden U-arvot laskettiin DOF-lämpö-ohjelmalla. Rakenteet pyrittiin suunnittelemaan siten, että ne voisivat toimia todellisina rakenteina toteutettavissa kohteissa. Tutkimukseen suunniteltiin yhteensä viisi rakennetyyppiä, joista kolme oli seinärakenteita ja kaksi yläpohjarakenteita.

Rakenteiden suunnittelutyön perusteella rakennetyypeistä tehtiin kosteustekninen tarkastelu DOF-lämpö-ohjelmistolla. Diffuusiotarkastelussa pyrittiin simuloimaan lukijalle sellaiset vallitsevat olosuhteet, joiden perusteella saadaan myöhemmin pääteltyä mahdolliset kosteustekniset riskit kohteeseen asetetun mittarin avulla.

Kosteusteknisen tarkastelun jälkeen rakennetyypeistä tehtiin esimerkkirakennuksen pohjalta kustannuslaskelma jokaiselle rakennetyypille. Kustannuslaskelmien lopputuloksena saavutettiin kullekin rakennetyypille todellinen neliöhinta. Kyseistä neliöhintaa voidaan myöhemmin käyttää hankesuunnitteluvaiheessa tarkempaan kustannusten arviointiin.

LÄHTEET

Saint-Gobain rakennustuotteet Oy. 2012a. Isover FS5. Viitattu 21.5.2013 www.isover.fi > Tuotteet > Rakennuseristeet > Rappauseristeet > Isover FS5.

Saint-Gobain rakennustuotteet Oy. 2013b. Isover puhallusvilla. Viitattu 21.5.2013 www.isover.fi > tuotteet > rakennuseristeet > puhallusvilla > Isover puhallusvilla.

SPU Oy. 2013a. SPU AL eriste Viitattu 21.5.2013 www.spu.fi > Spu eristeet > Spu AL

SPU Oy. 2013b. SPU eristeiden tekniset ominaisuudet. Viitattu 21.5.2013 www.spu.fi > Spu eristeet > Ominaisuudet > Spu eristeiden tekniset ominaisuudet.

Paroc Oy. 2013a. Paroc cortex. Viitattu 21.5.2013 www.paroc.fi > Ratkaisut & tuotteet > Tuotteet > Haku cortex > PAROC Cortex tuulensuojaeriste.

Paroc Oy. 2013b. Paroc extra plus. Viitattu 21.5.2013 www.paroc.fi > Ratkaisut & tuotteet > tuotteet > Haku extra plus > Paroc Extra plus pehmeä levyeriste.

Sisäilmayhdistys Ry. 2008. Kosteustekninen toiminta. Viitattu 21.5.2013 www.sisailmayhdistys.fi > Terveelliset tilat > Kosteusvauriot > Kosteustekninen toiminta.

Sarlin Oy Ab. 2013. Kastepistetaulukko. Viitattu 21.5.2013 www.sarlin.com > Paineilma, kompressorit > Yritys ja yhteystiedot > Asiakaslehti > Työkalupalkki > Kastepistetaulukko.

Puuinfo Oy. 2013. Kosteusteknisiä ominaisuuksia. Viitattu 21.5.2013 www.puuinfo.fi > Puu materiaalina > Kosteusteknisiä ominaisuuksia.

Redi yhtiöt Oy. 2013. Konvektio. Viitattu 21.5.2013 www.tiivistalo.fi > Tiivistalonfo > Tiivistalowiki > Konvektio.

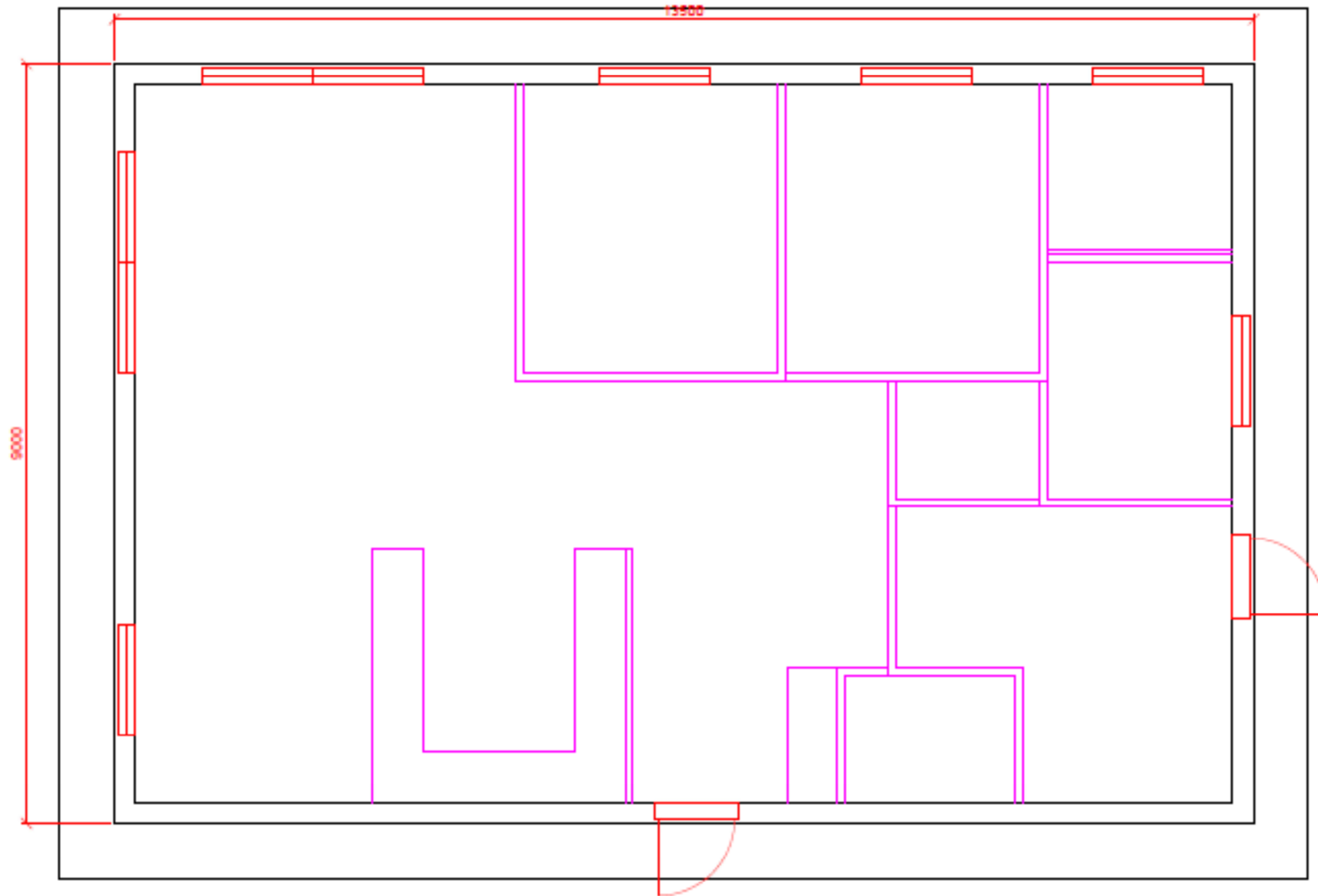
Tampereen teknillinen yliopisto. Frame projekti. Videoseminaarit

Björkholtz, D. Rakennustieto Oy. 1997. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. Gummerus kirjapaino Oy

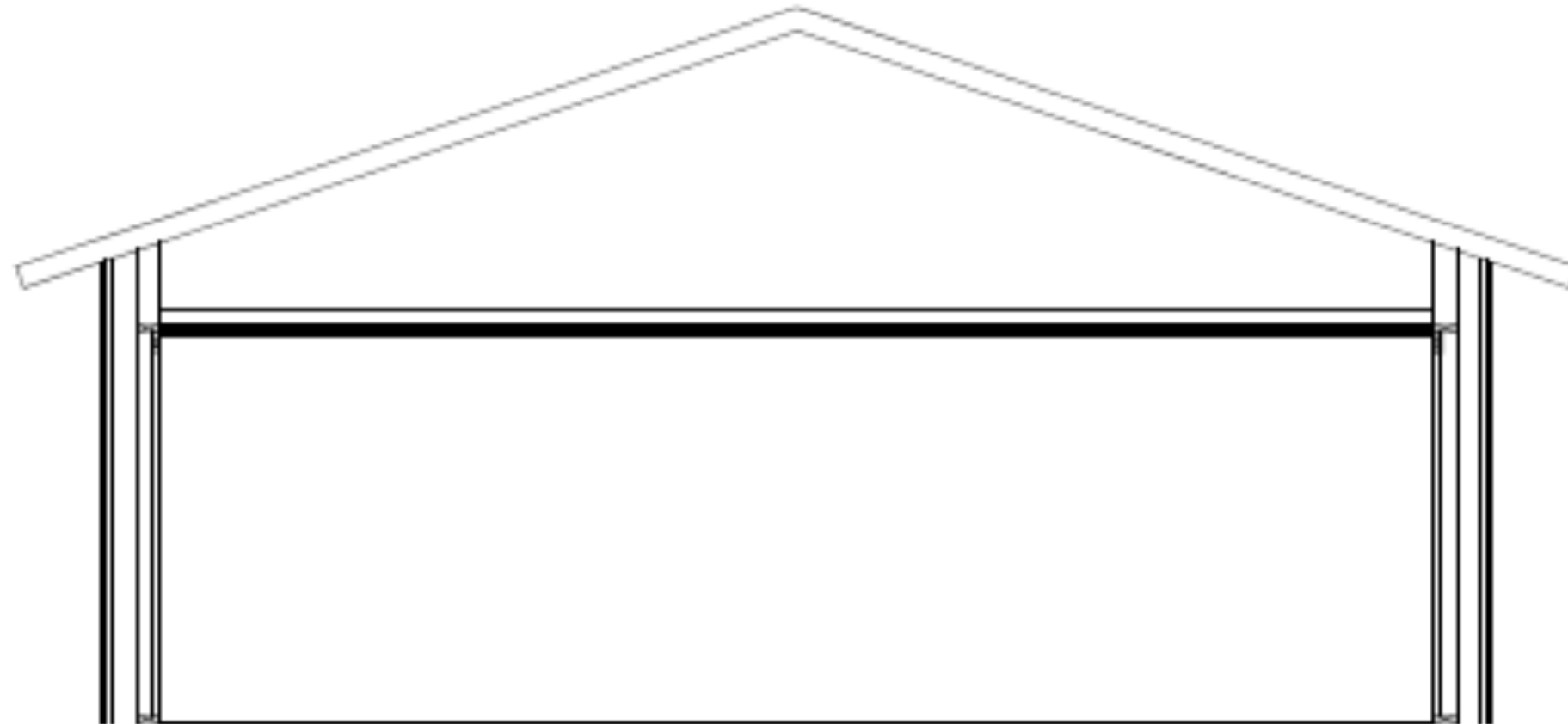
Siikanen, U. Rakennustieto Oy, 1996. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovellukset, Tamperepaino Oy

Lylykangas, K. & Nieminen, J. 2013. Passiivitalon määritelmä. Viitattu 21.5.2013. www.passiivi.info.

Kustannuslaskentakohteen pohjapiirros



Kustannuslaskentakohteen leikkauspiirros



Kustannuslaskelma, US1

Rak. Sel. Sivu	Koodi		Nimike	Selitys	Tarkenne	Määrätiedot									Kustannustiedot										
						Määrä	yks.	tth/yks	Työmääräkerroin	Talviolosuhtekerroin	h/yht	€/h	€/yks	€ Yht.	Ainekustannus			Alih./omat palv./muut			Yhteensä				
	ro	suo												€/yks.	Hukka %	Yht.€	Yht.€	KL	€/yks.	€/yks	Yht.€				
				Ulkoseinien pinta-ala keskimäärin		145	m ²																		
	35		Ulkoseinät																						
		61		Puurunkotyö	Mitallistettu 48*148	129	m ²	0,28	1,05	1,00	37,93	40,00 €	12,35 €	1 592,89 €	8,75 €	1,15	1 298,06 €				21,10 €	2 890,95 €			
		61		Alajuoksut	Mitallistettu 48*148 (kestopuu)	44	jm	0,03	1,05	1,00	1,39	40,00 €	1,32 €	58,21 €	3,00 €	1,10	145,20 €				4,32 €	203,41 €			
		82		Alajuoksun kermieristys	0,3*8m	6	rl	0,10	1,05	1,00	0,63	40,00 €	4,41 €	26,46 €	15,00 €	1,00	90,00 €				19,41 €	116,46 €			
	31		Lämmöneristys																						
		73		Eristelevyjen saumaus (uretaani)	750ml/plo	100	plo	0,15	1,00	1,00	15,00	40,00 €	6,00 €	600,00 €	5,50 €	105	577,50 €				11,50 €	1 177,50 €			
		74		Runkotolppien väliin tuleva eriste	100mm eristelevy															0,00 €	0,00 €				
					Päätysseinät	55	m ²	0,10	1,05	1,00	5,78	40,00 €	4,41 €	242,55 €	18,20 €	1,05	1 61,05 €				22,61 €	1 293,60 €			
					Pitkät seinät	70	m ²	0,10	1,05	1,00	7,35	40,00 €	4,41 €	308,70 €	18,20 €	1,05	1 37,70 €				22,61 €	1 646,40 €			
		74		Runkotolppien ulkopuolinen eriste	160mm eristelevy																				
					Päätysseinät	71	m ²	0,07	1,05	1,00	5,22	40,00 €	3,09 €	219,18 €	28,00 €	1,05	2 87,40 €				31,09 €	2 306,58 €			
					Pitkät sivut	86	m ²	0,07	1,05	1,00	6,32	40,00 €	3,09 €	265,48 €	28,00 €	1,05	2 28,40 €				31,09 €	2 793,88 €			
				Alumiiniteippi	50m/rl	200	jm	0,02	1,05	1,00	4,20	40,00 €	0,88 €	176,40 €	0,20 €	1,0	40,00 €				1,08 €	216,40 €			
		74		Rappauseriste	isover FS5 50mm	157	m ²	0,09	1,00	1,00	14,13	40,00 €	3,60 €	565,20 €	6,80 €	1,05	1 20,98 €				10,40 €	1 686,18 €			
				Ulkoseinien rappaus	Materiaalit sisältyy	157	m ²	0,56	1,00	1,00	87,92	40,00 €	22,40 €	3 516,80 €	30,00 €	1,0	5 181,00 €				52,40 €	8 697,80 €			
				Ikunoiden ja ovien suojaus		157	m ²	0,04	1,00	1,00	6,28	35,00 €	1,40 €	219,80 €	0,50 €	1,05	82,4 €				1,90 €	302,23 €			
				Rappausverkon kiinnikkeet	Menekki 5 kpl / m2	785	kpl								1,70 €	1,05	1 401,23 €				1,70 €	1 401,23 €			
				Rappausverkko	teräsverkko	157	m ²	0,26	1,00	1,00	40,82	45,00 €	11,70 €	1 836,90 €	2,00 €	1,15	361,10 €				13,70 €	2 198,00 €			
	83		Työmaan koneet ja laitteet																						
				Henkilönostimen vuokraus		5	pv														140,00 €	700,00 €	140,00 €	700,00 €	
				Rakennustelineet	sisältää perusmaksun	150	m ²	0,30	1,00	1,00	45,00	38,00 €	11,40 €	1 710,00 €	0,75 €	1,00	112,50 €				12,15 €	1 822,50 €			
				Telinevuokra	käyttöaika 20pv	20	pv														0,75 €	2 250,00 €	0,75 €	2 250,00 €	
				Rakennustelineiden purku		150	m ²	0,30	1,00	1,00	45,00	38,00 €	11,40 €	1 710,00 €							11,40 €	1 710,00 €			
	84		Työkalut ja välineet																						
				Konenaulat	kirkas 50mm	6	ltk														30,00 €	1,10	198,00 €	30,00 €	198,00 €
				Konenaulat	kirkas 90mm	8	ltk														35,00 €	1,10	308,00 €	35,00 €	308,00 €
				Kulmaraudat	90*90 vahvistettu	100	kpl														0,50 €	1,10	55,00 €	0,50 €	55,00 €
				Yleisruuvi	pituus 260mm, 50kpl/ltk	15	ltk														60,00 €	1,05	945,00 €	60,00 €	945,00 €
				Yleisruuvi	pituus 200mm	5	kg														8,00 €	1,05	42,00 €	8,00 €	42,00 €
				Rahtikulut		1	erä															500,00 €		0,00 €	500,00 €
			YHTEENSÄ																						
			YHTEENSÄ	€/m2																					

Kustannuslaskelma US2

Rak. Sel. Sivu	Koodi		Nimike	Selitys	Tarkenne	Määrätiedot									Kustannustiedot								
						Määrä	yks.				Työkustannus				Ainekustannus			Alih./omat palv./muut			Yhteensä		
	ro	suo						tth/yks	Työmääräkerroin	Talviolosuuhdekerroin	h/yht	€/h	€/yks	€ Yht.	€/yks.	Hukka %	Yht.€	Yht.€	KL	€/yks.	€/yks	Yht.€	
				Ulkoseinien pinta-ala keskimäärin		145	m²																
	35		Ulkoseinät																				
		61		Puurunkotyö	Mitallistettu 48*223	129	m²	0,28	1,05	1,00	37,93	40,00 €	12,35 €	1 592,89 €	13,50 €	1,5	2 002,73 €					25,85 €	3 595,62 €
				Puurunkotyö	Mitallistettu 48*98	123	m²	0,28	1,05	1,00	36,16	40,00 €	12,35 €	1 518,80 €	5,64 €	1,15	797,78 €					17,99 €	2 316,58 €
		61		jäykistävä vaneri	Havuvaneri 9mm	129	m²	0,12	1,05	1,00	16,25	40,00 €	5,29 €	682,67 €	6,50 €	1,10	92235 €					11,79 €	1 605,02 €
		61		Ulkoseinien ristiinkoolaus	22*100 täyssärmä	129	m²	0,10	1,00	1,00	12,90	40,00 €	4,00 €	516,00 €	2,04 €	1,10	28948 €					6,04 €	805,48 €
				Tuulensuojakipsilevy	Gyproc GTS 9mm	129	m²	0,07	1,10	1,00	9,93	40,00 €	3,39 €	437,05 €	3,54 €	1,08	49319 €					6,93 €	930,24 €
		61		Alajuoksut	Mitallistettu 48*223 (kestopuu)	45	jm	0,03	1,05	1,00	1,42	40,00 €	1,32 €	59,54 €	0,00 €	1,10	0,00 €					1,32 €	59,54 €
				Sisäpinnan kipsilevytys	Kipsilevy 13mm N reunahennettu	123	m²	0,12	1,10	1,00	16,24	40,00 €	5,81 €	714,38 €	2,90 €	1,10	39237 €					8,71 €	1 106,75 €
				Ulkoseinien paneelaus	UTV 120 pohjamaalattu	129	m²	0,30	1,05	1,00	40,64	40,00 €	13,23 €	1 706,67 €	1,05 €	1,10	149,00 €					14,28 €	1 855,67 €
		82		Alajuoksun kermieristys	0,5*8m	6	rl	0,10	1,05	1,00	0,63	40,00 €	4,41 €	26,46 €	30,00 €	1,00	180,00 €					34,41 €	206,46 €
	31		Lämmöneristys																				
		74		Höyrynsulkumuovi		123	m²	0,02	1,00	1,00	2,46	40,00 €	0,80 €	98,40 €	0,70 €	1,10	94,71€					1,50 €	193,11 €
		74		Lämmöneriste	Paroc eXtra plus 100mm	129	m²	0,04	1,10	1,00	5,68	40,00 €	1,94 €	249,74 €	7,85 €	1,05	1 06,28 €					9,79 €	1 313,03 €
		74		Lämmöneriste	Paroc eXtra plus 175mm	129	m²	0,04	1,10	1,00	5,68	40,00 €	1,94 €	249,74 €	13,50 €	1,05	1 88,58 €					15,44 €	2 078,32 €
		74		Lämmöneriste	Paroc eXtra plus 50mm	123	m²	0,04	1,10	1,00	5,41	40,00 €	1,94 €	238,13 €	4,70 €	1,05	60701 €					6,64 €	845,13 €
		74		Tuulensuojavilla	Paroc cortex tai Renova 70mm	157	m²	0,09	1,00	1,00	14,13	40,00 €	3,60 €	565,20 €	20,45 €	1,05	3371,18 €					24,05 €	3 936,38 €
	83		Työmaan koneet ja laitteet																				
				Henkilönostimen vuokraus		5	pv							0,00 €	0,00 €	140,00 €	1,00	700,00 €				140,00 €	700,00 €
				Rakennustelineet	perusmaksulla	150	m²	0,30	1,00	1,00	45,00	38,00 €	11,40 €	1 710,00 €	0,75 €	1,00	112,50 €					12,15 €	1 822,50 €
				Rakennustelineet	wokrahinta 0,75€/m²/pv	30	pv								0,75 €	1,00	3 375,00 €						
				Rakennustelineiden purku		150	m²	0,30	1,00	1,00	45,00	38,00 €	11,40 €	1 710,00 €								11,40 €	1 710,00 €
	84		Työkalut ja välineet																				
				Asennusvälikkeet	70mm, menekki 5kpl/m²	610	kpl	0,03	1,05	1,00	19,22	40,00 €	1,32 €	807,03 €	0,24 €	1,05	150,90 €					1,56 €	957,93 €
				Höyrynsulun saumaus	elementtisaumamassa	50	jm	0,05	1,10	1,00	2,75	40,00 €	2,42 €	121,00 €	4,80 €	1,03	247,20 €					7,22 €	368,20 €
				Konenaulat	kirkas 50mm	6	ltk							0,00 €	0,00 €	30,00 €	1,10	198,00 €				30,00 €	198,00 €
				koolausruuvit	6*140; 100kpl/ltk; 6kpl/m²	8	ltk									30,00 €	1,05	252,00 €				30,00 €	252,00 €
				Konenaulat	kirkas 90mm	8	ltk							0,00 €	0,00 €	35,00 €	1,10	308,00 €				35,00 €	308,00 €
				Rumpunaulat	50mm	5	ltk							0,00 €	0,00 €	50,00 €	1,05	262,50 €				50,00 €	262,50 €
				Kulmaraudat	90*90 vahvistettu	100	kpl							0,00 €	0,00 €	0,50 €	1,10	55,00 €				0,50 €	55,00 €
				Rahtikulut		1	erä							0,00 €	0,00 €			500,00 €				0,00 €	500,00 €
			YHTEENSÄ											98,898	13003,711	404,41 €		17 852,74 €	500,00 €			502,5536	27981,455
			YHTEENSÄ	€/m²													123,12 €	3,45 €					192,97555

Kustannuslaskelma US3

Rak. Sel. Sivu	Koodi		Nimike	Selitys	Tarkenne	Määrätiedot									Kustannustiedot										
						Määrä	yks.				Työkustannus				Ainekustannus			Alih./omat palv./muut			Yhteensä				
											tth/yks	Työmääräkerroin	Talviolosuuhdekerroin	h/yht	€/h	€/yks	€ Yht.	€/yks.	Hukka %	Yht.€	Yht.€	KL	€/yks.	€/yks	Yht.€
	ro	suo		Seinien pinta-ala keskimäärin		145	m ²																		
	35		Ulkoseinät																						
				Ulkoseinien muottityö	ulkopuolinen muotti	135	m ²	0,27	1,05	1,00	38,27	40,00 €	11,91 €	1 607,45 €			0,00 €						11,91 €	1 607,45 €	
					muottivanrerit 9mm	135	m ²										5,90 €	1,10	876,15 €				5,90 €	876,15 €	
					muottien pystytuenta; 3,4jm/m ²	407	jm										1,08 €	1,10	483,52 €				1,08 €	483,52 €	
					juoksut 4jm/m ²	488	jm										1,08 €	1,10	579,74 €				1,08 €	579,74 €	
					vinotuet 1,4jm/m ²	171	jm										1,08 €	1,10	203,15 €				1,08 €	203,15 €	
				Ulkoseinien muottityö	tuplaus	129	m ²	0,27	1,05	1,00	36,57	40,00 €	11,91 €	1 536,00 €			0,00 €						11,91 €	1 536,00 €	
					muottivanerit 9mm	129	m2										5,90 €	1,10	837,21 €				5,90 €	837,21 €	
					muottien pystytuenta; 3,4jm/m2	407	jm										1,08 €	1,10	483,52 €				1,08 €	483,52 €	
					juoksut 4jm/m2	488	jm										1,08 €	1,10	579,74 €				1,08 €	579,74 €	
					vinotuet 1,4jm/m2	171	jm										1,08 €	1,10	203,15 €				1,08 €	203,15 €	
				Ulkoseinien terästys	14,6kg/m ² ; keskeinen verkko	1,781	1000kg	8,00	1,10	1,00	15,67	40,00 €	0,39 €	0,69 €	0,97€	1,05	1,81 €							1,36 €	2,50 €
				muottilukot	10mm harjatanko 2kg/m ²	0,244	1000kg	8,00	1,05	1,00	2,05	40,00 €	0,35 €	0,09 €	0,97€	1,05	0,25 €							1,32 €	0,33 €
				Ulkoseinien betonointi	K30; 0,15m ³ /m ²	20	m ³	0,33	1,15	1,00	7,59	40,00 €	17,46 €	349,14 €	100,00 €	1,10	2200,00 €							117,46 €	2 549,14 €
				Ulkoseinien rappaus	Materiaalit sisältyy	157	m ²														9 420,00 €		60,00 €	60,00 €	9 420,00 €
				Valumuottien purku	ulkopuolinen muotti	135	m ²	0,27	1,05	1,00	38,27	35,00 €	10,42 €	1 406,51 €										10,42 €	1 406,51 €
				Valumuottien purku	tuplaus	129	m ²	0,27	1,05	1,00	36,57	35,00 €	10,42 €	1 344,00 €										10,42 €	1 344,00 €
	31		Lämmöneristys																						
		73		Eristelevjen saumaus (uretaani)	750ml/plo	50	plo	0,15	1,05	1,00	7,88	40,00 €	6,62 €	330,75 €	5,20 €	1,6	273,00 €							11,82 €	603,75 €
		74		Uretaanieriste	200mm eristelevy																				
					Päätyseinät	71	m ²	0,07	1,05	1,00	5,22	40,00 €	3,09 €	219,18 €	25,70 €	1,05	1 95,94 €							28,79 €	2 135,11 €
					Pitkät sivut	86	m ²	0,07	1,05	1,00	6,32	40,00 €	3,09 €	265,48 €	25,70 €	1,05	2 30,71 €							28,79 €	2 586,19 €
				Saumojen teippaus	AL-teippi 50m/rl	500	jm	0,02	1,05	1,00	10,50	40,00 €	0,88 €	441,00 €			0,00 €							0,88 €	441,00 €
		74		Rappauseriste	Thermisol S60	157	m ²	0,09	1,00	1,00	14,13	40,00 €	3,60 €	565,20 €			0,00 €							3,60 €	565,20 €
				Ikkunoiden ja ovien suojaus		157	m ²	0,04	1,00	1,00	6,28	35,00 €	1,40 €	219,80 €			0,00 €							1,40 €	219,80 €
				Rappausverkko	Lasikuituverkko; menekki 1,1m ² /seinä m ²	173	m ²	0,26	1,00	1,00	44,98	45,00 €	11,70 €	2 024,10 €	2,55 €	1,05	463,21 €							14,25 €	2 487,31 €
	83		Työmaan koneet ja laitteet																						
				Henkilönostimen vuokraus		5	pv										0,00 €							0,00 €	0,00 €
				Rakennustelineet	Sisältää perusmaksun	150	m ²			1,00	0,00	38,00 €	0,00 €	0,00 €	0,75 €	1,00	112,50 €							0,75 €	112,50 €
				Telinevuokra	Käyttöaika 20pv	20	pv										0,75 €	1,00	2 250,00 €						
				Rakennustelineiden purku		150	m ²			1,00	0,00	38,00 €	0,00 €	0,00 €										0,00 €	0,00 €
	84		Työkalut ja välineet																						
				Naijauslanka	1,2*400mm	20	kg										2,40 €	1,10						2,40 €	0,00 €
				Konenaulat	kirkas 50mm	6	ltk										30,00 €	1,05	189,00 €					30,00 €	189,00 €
				Konenaulat	kirkas 90mm	8	ltk										35,00 €	1,05	294,00 €					35,00 €	294,00 €
				Eristekiinnike	240mm; menekki 4kpl/m ²	488	kpl										0,56 €	1,05	286,94 €					0,56 €	286,94 €
				Eristekiinnike	300mm; menekki 6kpl/m ²	732	kpl										0,74 €	1,05	568,76 €					0,74 €	568,76 €
				Rahtikulut		1	erä												0,00 €	500,00 €				0,00 €	500,00 €
				Raudoitevälikkeet	300kpl säkki; menekki 10kpl/m ²	1220	kpl										0,10 €	1,05	128,10 €						
			YHTEENSÄ										93,21925	10309,39	249,67 €		15 250,40 €	9 920,00 €					402,0393	33101,689	
			YHTEENSÄ	€/m ²										71,099239			105,18 €	68,41 €						228,28751	

Kustannuslaskelma YP1

Rak. Sel. Sivu	Koodi		Nimike	Selitys	Tarkenne	Määrätiedot					Työkustannus				Kustannustiedot			Alih./omat palv./muut			Yhteensä	
						Määrä	yks.															
		ro	suo					tth/yks	Työmääräkerroin	Talviolusuhdekerroin	h/yht	€/h	€/yks	€ Yht.	€/yks.	Hukka %	Yht.€	Yht.€	KL	€/yks.	€/yks	Yht.€
				Kattopinta-ala yhteensä		163	m²															
	37		Vesikattorakenteet																			
		61		Kattoristikot (eristetty osa)		15	kpl	0,40	1,05	1,00	6,30	40,00 €	17,64 €	264,60 €			1 800,00 €		120,00 €	137,64 €	2 064,60 €	
		61		Kukkopuut	48*198	40	jm	0,20	1,05	1,00	8,40	40,00 €	8,82 €	352,80 €	3,04 €	1,10	133,76 €			11,86 €	486,56 €	
		61		Korotusruoteet	22*50	276	jm	0,05	1,05	1,00	14,49	40,00 €	2,21 €	608,58 €	0,35 €	110	106,26 €			2,56 €	714,84 €	
		61		Tiiliruoteet	48*48	530	jm	0,12	1,05	1,00	66,78	40,00 €	5,29 €	2 804,76 €	0,69 €	1,10	402,27 €			5,98 €	3 207,03 €	
		61		Räystäslaudat	21*120; hienosahattu; pohjamaalattu	29	m²	0,30	1,05	1,00	9,14	40,00 €	13,23 €	383,67 €	7,90 €	1,10	25201 €			21,13 €	635,68 €	
		61		Otsalaudat	21*120, 2kpl päällekkäin; hienos. pohjam.	110	jm	0,04	1,05	1,00	4,62	40,00 €	1,76 €	194,04 €	0,95 €	1,10	114,95 €			2,71 €	308,99 €	
				Tuulenhajain	isover	26	kpl	0,12	1,00	1,00	3,12	40,00 €	4,80 €	124,80 €	2,20 €	1,0	62,92 €			7,00 €	187,72 €	
				Aluskate	Rankka	180	m²	0,10	1,05	1,00	18,90	40,00 €	4,41 €	793,80 €	0,97 €	1,05	18333 €			5,38 €	977,13 €	
				Vesikate	Betonitiili	163	m²	0,12	1,05	1,00	20,54	40,00 €	5,29 €	862,60 €	15,00 €	1,05	2567,25 €			20,29 €	3 429,85 €	
		61		Yläpohjaan ristiinkoolaus	22*100; k600	111	m²	0,15	1,05	1,00	17,48	40,00 €	6,62 €	734,27 €	2,04 €	1,05	23776 €			8,66 €	972,03 €	
		61		Yläpohjan paneelaus	14*120 ponttilaudoitus	111	m²	0,27	1,05	1,00	31,47	40,00 €	11,91 €	1 321,68 €	13,90 €	1,5	1 620,05 €			25,81 €	2 941,72 €	
	31		Lämmöneristys																			
				Puhallusvillaeriste	Isover	22	m³										633,60 €		28,80 €	28,80 €	633,60 €	
		73		Eristelevyjen saumaus (uretaani)	750ml/plo	30	plo	0,15	1,00	1,00	4,50	40,00 €	6,00 €	180,00 €	5,20 €	1,5	163,80 €			11,20 €	343,80 €	
		74		Ristikoiden väliin tuleva eriste	100mm eristelevy	110	m²	0,10	1,05	1,00	11,55	40,00 €	4,41 €	485,10 €	14,20 €	1,05	1640,10 €			18,61 €	2 125,20 €	
		74		Ristikoiden alapuolelle tuleva eriste	160mm eristelevy	110	m²	0,07	1,05	1,00	8,09	40,00 €	3,09 €	339,57 €	21,20 €	1,05	2 48,60 €			24,29 €	2 788,17 €	
				Alumiiniteippi	50m/rl	100	jm	0,02	1,05	1,00	2,10	40,00 €	0,88 €	88,20 €	0,20 €	1,00	20,00 €			1,08 €	108,20 €	
	83		Työmaan koneet ja laitteet																			
				Nosturipalvelut	Kattoristikoiden nosto	3	h										255,00 €		85,00 €	85,00 €	255,00 €	
				Henkilönostimen vuokraus		2	pv								140,00 €	1,00	280,00 €			140,00 €	280,00 €	
	84		Työkalut ja välineet																			
				viimeistelynaulat		2	ltk								15,00 €	1,10	33,00 €			15,00 €	33,00 €	
				Konenaulat	kirkas 50mm	2	ltk								30,00 €	1,10	66,00 €			30,00 €	66,00 €	
				Konenaulat	kirkas 90mm	3	ltk								35,00 €	1,10	115,50 €			35,00 €	115,50 €	
				Kulmaraudat	90*90 vahvistettu	26	kpl								0,50 €	1,10	14,30 €			0,50 €	14,30 €	
				Yleisruuvi	200mm	5	kg								7,95 €	1,05	41,74 €			7,95 €	41,74 €	
				Yleisruuvi	240mm	10	kg								7,95 €	1,05	83,48 €			7,95 €	83,48 €	
				kattotiiliinaulat		8	ltk								6,00 €	1,05	50,40 €			6,00 €	50,40 €	
				Rahtikulut		1	erä										200,00 €			0,00 €	200,00 €	
			YHTEENSÄ										96,354	9538,458	330,24 €		10 637,47 €	2 888,60 €		660,394	23064,528	
			YHTEENSÄ	€/m²										58,518147			65,26 €	17,72 €			141,50 €	

Kustannuslaskelma YP2

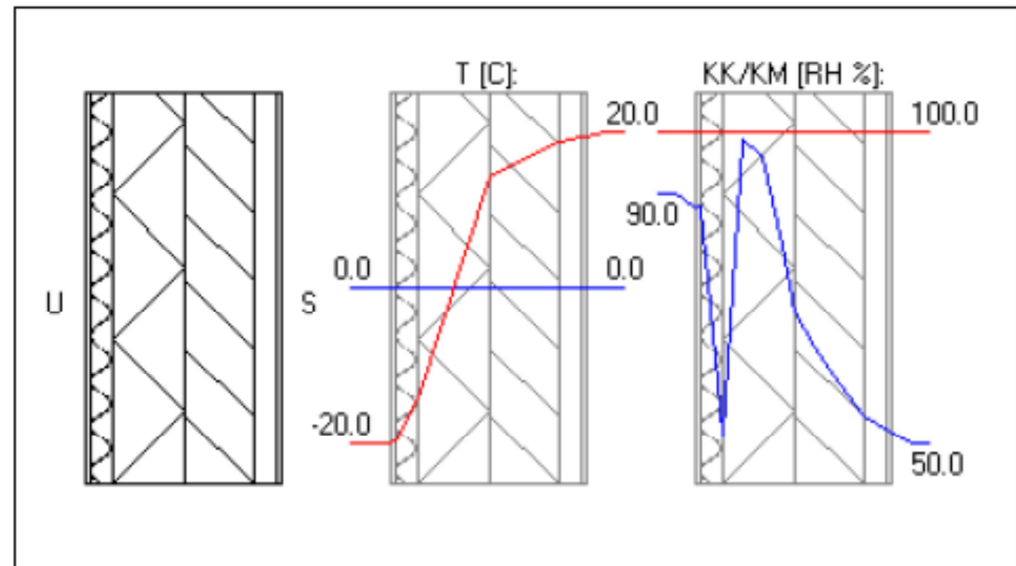
Rak. Sel. Sivu	Koodi		Nimike	Selitys	Tarkenne	Määrätiedot					Kustannustiedot											
						Määrä	yks.	Työkustannus						Ainekustannus			Alih./omat palv./muut			Yhteensä		
		ro	suo					tth/yks	Työmääräkerroin	Talviolosuhdkerroin	h/yht	€/h	€/yks	€ Yht.	€/yks.	Hukka %	Yht.€	Yht.€	KL	€/yks.	€/yks	Yht.€
				Kattopinta-ala yhteensä		163	m ²															
	37		Vesikattorakenteet																			
		61		Kattoristikot (eristetty osa)		15	kpl	0,40	1,05	1,00	6,30	40,00 €	17,64 €	264,60 €				1 800,00 €		120,00 €	137,64 €	2 064,60 €
		61		Kukkopuut	48*198	40	jm	0,20	1,05	1,00	8,40	40,00 €	8,82 €	352,80 €	3,04 €	1,10	133,76 €				11,86 €	486,56 €
		61		Korotusruoteet	22*50	276	jm	0,05	1,05	1,00	14,49	40,00 €	2,21 €	608,58 €	0,35 €	110	106,26 €				2,56 €	714,84 €
		61		Tiiliruoteet	48*48	530	jm	0,12	1,05	1,00	66,78	40,00 €	5,29 €	2 804,76 €	0,69 €	1,10	402,27 €				5,98 €	3 207,03 €
		61		Räystäslaudat	21*120; hienosahattu; pohjamaalattu	29	m ²	0,30	1,05	1,00	9,14	40,00 €	13,23 €	383,67 €	7,90 €	1,10	25201 €				21,13 €	635,68 €
		61		Otsalaudat	21*120, 2kpl päällekkäin; hienos. pohjam.	110	jm	0,04	1,05	1,00	4,62	40,00 €	1,76 €	194,04 €	0,95 €	1,10	114,95 €				2,71 €	308,99 €
				Tuulenhjain	isover	26	kpl	0,12	1,00	1,00	3,12	40,00 €	4,80 €	124,80 €	2,20 €	1,0	62,92 €				7,00 €	187,72 €
				Aluskate	Rankka	180	m ²	0,10	1,05	1,00	18,90	40,00 €	4,41 €	793,80 €	0,97 €	1,05	18333 €				5,38 €	977,13 €
				Vesikate	Betonitiili	163	m ²	0,12	1,05	1,00	20,54	40,00 €	5,29 €	862,60 €	15,00 €	1,05	2667,25 €				20,29 €	3 429,85 €
		61		Yläpohjan ristiinkoolaus	22*100; k600	111	m ²	0,15	1,05	1,00	17,48	40,00 €	6,62 €	734,27 €	2,04 €	1,05	23776 €				8,66 €	972,03 €
		61		Yläpohjan paneelaus	14*120 ponttilaudoitus	111	m ²	0,27	1,05	1,00	31,47	40,00 €	11,91 €	1 321,68 €	13,90 €	1,0	1 620,05 €				25,81 €	2 941,72 €
	31		Lämmöneristys																			
				Puhallusvillaeriste	Isover	50	m ³											1 440,00 €		28,80 €	28,80 €	1 440,00 €
	83		Työmaan koneet ja laitteet																			
				Nosturipalvelut	Kattoristikoiden + tiilien nosto nosto	6	h											510,00 €		85,00 €	85,00 €	510,00 €
				Henkilönostimen vuokraus		2	pv								140,00 €	1,00	280,00 €				140,00 €	280,00 €
	84		Työkalut ja välineet																			
				viimeistelynaulat		2	ltk								15,00 €	1,10	33,00 €				15,00 €	33,00 €
				Konenaulat	kirkas 50mm	2	ltk								30,00 €	1,10	66,00 €				30,00 €	66,00 €
				Konenaulat	kirkas 90mm	3	ltk								35,00 €	1,10	115,50 €				35,00 €	115,50 €
				Kulmaraudat	90*90 vahvistettu	26	kpl								0,50 €	1,10	14,30 €				0,50 €	14,30 €
				kattotiilinaulat		8	ltk								6,00 €	1,05	50,40 €				6,00 €	50,40 €
				Rahtikulut		1	erä											200,00 €			0,00 €	200,00 €
			YHTEENSÄ										81,975	8445,588	273,54 €		6 239,76 €	3 950,00 €			589,315	18635,345
			YHTEENSÄ	€/m ²										51,813423			38,28 €	24,23 €				114,33 €

Kosteustekninen toiminta US1 runkotolpan kohdalla

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
	16.4.2013	

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.098 W/m ² K
Paksuus:	433.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	117.10 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1165022.848
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	10.213 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Laasti (sementti)	10.00	1.2000	1.666667e+09	0.00	2000.00
2 Mineraalivilla	50.00	0.0350	4.761905e+08	0.00	30.00
3 Polyuretaani	160.00	0.0220	4.180000e+12	0.00	50.00
4 Puu (mänty)	150.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00
5 Tuulettumaton ilmara	50.00	0.2940	2.727273e+08	0.00	0.00
6 Kipsilevy	13.00	0.2100	2.666667e+09	0.00	1200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.73	100.0	87.8	87.8	0.00
2	-19.69	100.0	88.0	88.0	0.00
3	-14.10	100.0	51.5	51.5	0.00
4	14.39	100.0	70.9	70.9	0.00
5	18.58	100.0	54.5	54.5	0.00
6	19.25	100.0	52.3	52.3	0.00
7	19.49	100.0	51.6	51.6	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

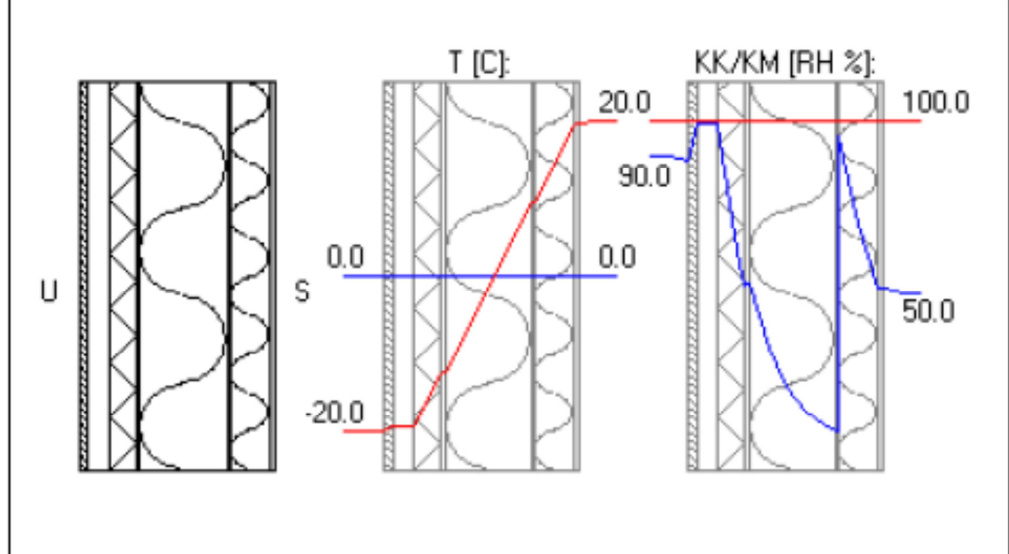
\\Opinnäytetyö\Dof tiedostot\Uretaaniseinä + villa runkotolpan kohdalla.LAM

Kosteustekninen toiminta US2

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 16.4.2013	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.095 W/m ² K
Paksuus:	503.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	66.51 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	143891.893
Vesih. läpäisykerroin:	0.000007 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	10.484 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puu (mänty)	21.00	0.1400	7.560000e+09	0.00	480.00
2 Tuulettuva ilmarako	56.00	10.0000	2.016000e+04	0.00	0.00
3 Mineraalivilla	70.00	0.0330	6.666667e+08	0.00	30.00
4 Kipsilevy	9.00	0.2100	2.000000e+09	0.00	1200.00
5 Mineraalivilla	225.00	0.0330	2.142857e+09	0.00	30.00
6 Vanerilevy	9.00	0.1100	1.800000e+09	0.00	700.00
7 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	5.000000e+11	0.00	900.00
8 Mineraalivilla	100.00	0.0330	9.523810e+08	0.00	30.00
9 Kipsilevy	13.00	0.2100	2.888889e+09	0.00	1200.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
5 Puu (mänty)	0.1400	8.0	0.00	480.00	---
8 Puu (mänty)	0.1400	8.0	0.00	480.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.78	100.0	88.2	88.2	0.00
2	-19.30	100.0	99.1	99.1	0.00
3	-19.28	100.0	99.0	99.0	0.00
4	-12.50	100.0	51.9	51.9	0.00
5	-12.36	100.0	53.1	53.1	0.00
6	9.44	100.0	9.9	9.9	0.00
7	9.70	100.0	10.0	10.0	0.00
8	9.70	100.0	95.9	95.9	0.00
9	19.39	100.0	51.6	51.6	0.00
10	19.58	100.0	51.3	51.3	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

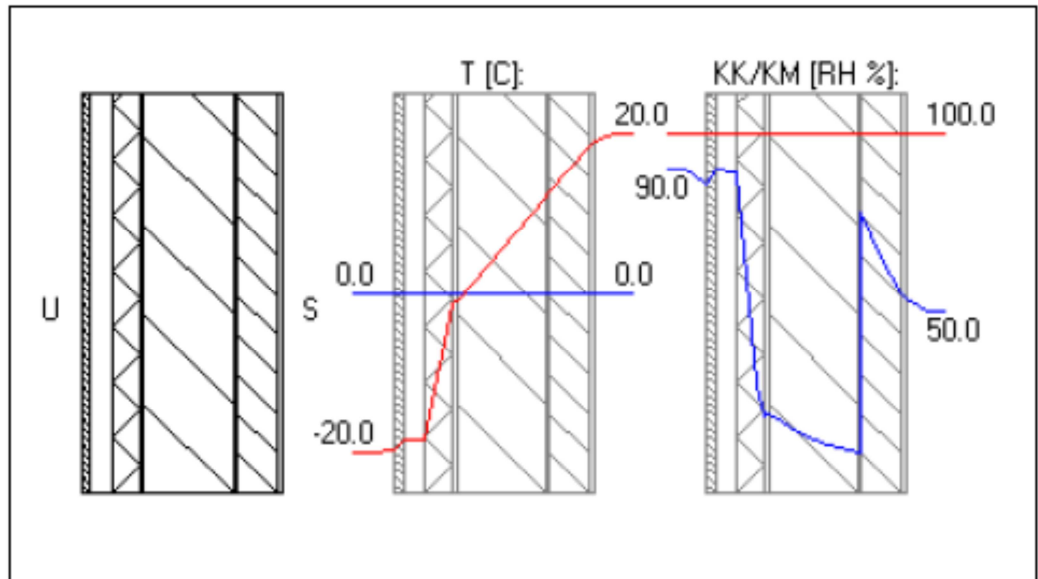
\\Opinnäytetyö\Dof tiedostot\Soinisten rakenne.LAM

Kosteustekninen toiminta US2 runkotolpan kohdalla

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 16.4.2013	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.201 W/m ² K
Paksuus:	503.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	201.06 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	148276.549
Vesih. läpäisy kerroin:	0.000007 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.985 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puu (mänty)	21.00	0.1400	7.560000e+09	0.00	480.00
2 Tuulettuva ilmarako	56.00	10.0000	2.016000e+04	0.00	0.00
3 Mineraalivilla	70.00	0.0330	6.666667e+08	0.00	30.00
4 Kipsilevy	9.00	0.2100	2.880000e+09	0.00	1200.00
5 Puu (mänty)	225.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00
6 Vanerilevy	9.00	0.1100	1.800000e+09	0.00	700.00
7 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	5.000000e+11	0.00	900.00
8 Puu (mänty)	100.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00
9 Kipsilevy	13.00	0.2100	2.888889e+09	0.00	1200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.44	100.0	85.7	85.7	0.00
2	-18.23	100.0	89.6	89.6	0.00
3	-18.19	100.0	89.3	89.3	0.00
4	-1.17	100.0	19.4	19.4	0.00
5	-0.83	100.0	19.9	19.9	0.00
6	12.07	100.0	9.4	9.4	0.00
7	12.72	100.0	9.2	9.2	0.00
8	12.73	100.0	77.5	77.5	0.00
9	18.46	100.0	54.7	54.7	0.00
10	18.96	100.0	53.3	53.3	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

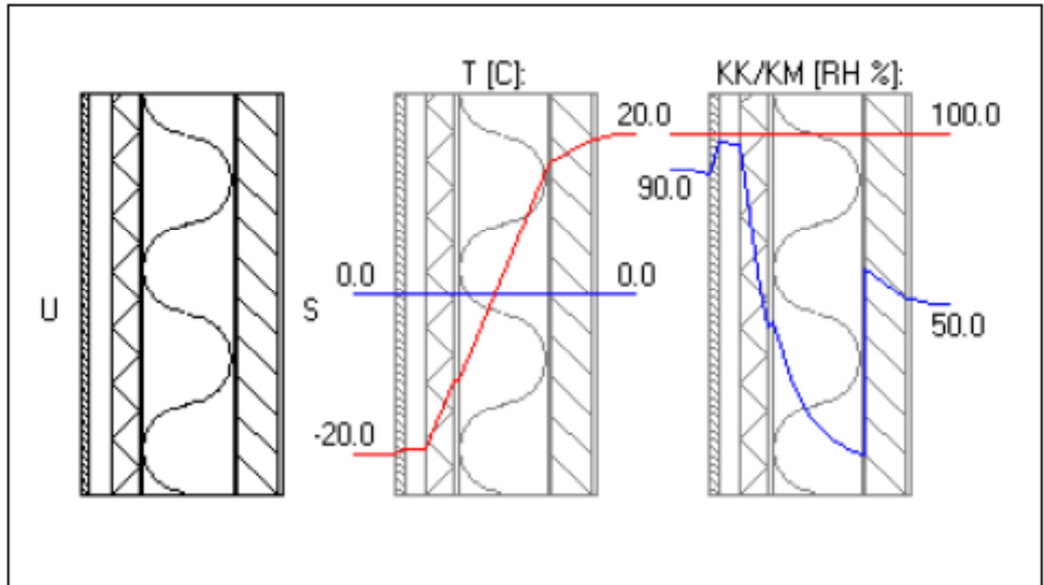
Z:\Opinnäytetyö\Dof tiedostot\Soinisten rakenne runkotolpan kohdalla.LAM

Kosteustekninen toiminta US2 sisärungon kohdalla (rungot eri linjassa)

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
	16.4.2013	

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.114 W/m ² K
Paksuus:	503.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	107.91 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	146127.342
Vesih. läpäisy kerroin:	0.000007 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	8.792 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puu (mänty)	21.00	0.1400	7.560000e+09	0.00	480.00
2 Tuulettuva ilmarako	56.00	10.0000	2.016000e+04	0.00	0.00
3 Mineraalivilla	70.00	0.0330	6.666667e+08	0.00	30.00
4 Kipsilevy	9.00	0.2100	2.000000e+09	0.00	1200.00
5 Mineraalivilla	225.00	0.0330	2.142857e+09	0.00	30.00
6 Vanerilevy	9.00	0.1100	1.800000e+09	0.00	700.00
7 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	5.000000e+11	0.00	900.00
8 Puu (mänty)	100.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00
9 Kipsilevy	13.00	0.2100	2.888889e+09	0.00	1200.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
5 Puu (mänty)	0.1400	8.0	0.00	480.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h) Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.73	100.0	87.8	87.8	0.00
2	-19.14	100.0	97.6	97.6	0.00
3	-19.11	100.0	97.4	97.4	0.00
4	-10.79	100.0	44.0	44.0	0.00
5	-10.63	100.0	44.9	44.9	0.00
6	16.12	100.0	6.4	6.4	0.00
7	16.44	100.0	6.5	6.5	0.00
8	16.45	100.0	61.1	61.1	0.00
9	19.25	100.0	52.1	52.1	0.00
10	19.49	100.0	51.6	51.6	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

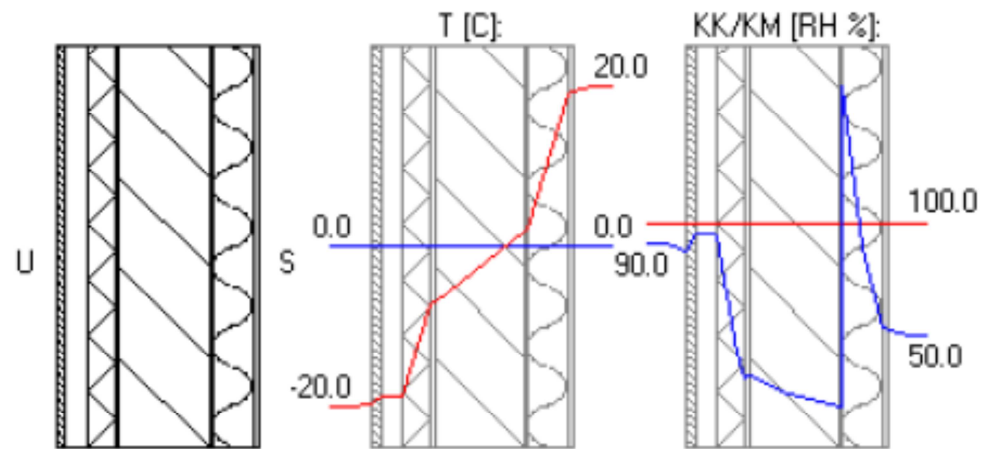
\\Opinnäytetyö\Dof tiedostot\Soinisten rakenne.LAM

Kosteustekninen toiminta US2 ulkorungon kohdalla (rungot eri linjassa)

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 16.4.2013	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.150 W/m ² K
Paksuus:	503.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	159.66 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	145796.655
Vesih. läpäisykerroin:	0.000007 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.677 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000

**Rakenteen kerrostiedot:**

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puu (mänty)	21.00	0.1400	7.560000e+09	0.00	480.00
2 Tuulettuva ilmarako	56.00	10.0000	2.016000e+04	0.00	0.00
3 Mineraalivilla	70.00	0.0330	6.666667e+08	0.00	30.00
4 Kipsilevy	9.00	0.2100	2.000000e+09	0.00	1200.00
5 Puu (mänty)	225.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00
6 Vanerilevy	9.00	0.1100	1.800000e+09	0.00	700.00
7 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	5.000000e+11	0.00	900.00
8 Mineraalivilla	100.00	0.0330	9.523810e+08	0.00	30.00
9 Kipsilevy	13.00	0.2100	2.888889e+09	0.00	1200.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
8 Puu (mänty)	0.1400	8.0	0.00	480.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.62	100.0	87.0	87.0	0.00
2	-18.79	100.0	94.6	94.6	0.00
3	-18.76	100.0	94.3	94.3	0.00
4	-7.14	100.0	31.7	31.7	0.00
5	-6.91	100.0	32.2	32.2	0.00
6	1.90	100.0	18.7	18.7	0.00
7	2.34	100.0	18.6	18.6	0.00
8	2.35	100.0	159.6	100.0	0.00
9	18.95	100.0	53.1	53.1	0.00
10	19.29	100.0	52.2	52.2	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

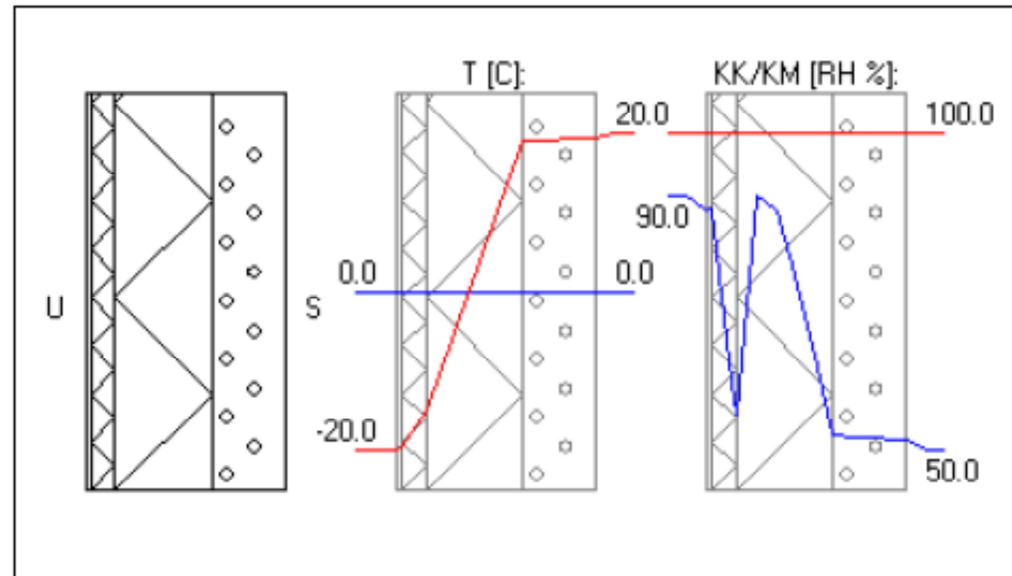
740\pinnat\pinnat\Def\kosteus\Seinisten rakenne I AM

Kosteustekninen toiminta US3

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 17.4.2013	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.097 W/m ² K
Paksuus:	410.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	392.00 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1170833.333
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	10.274 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Laasti (sementti)	10.00	1.2000	1.666667e+09	0.00	2000.00
2 Polystyreeni	50.00	0.0390	8.333333e+09	0.00	40.00
3 Polyuretaani	200.00	0.0230	4.180000e+12	0.00	50.00
4 Betoni	150.00	1.7000	2.500000e+10	0.00	2400.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.73	100.0	87.9	87.9	0.00
2	-19.70	100.0	88.0	88.0	0.00
3	-14.70	100.0	55.8	55.8	0.00
4	19.15	100.0	52.4	52.4	0.00
5	19.49	100.0	51.6	51.6	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

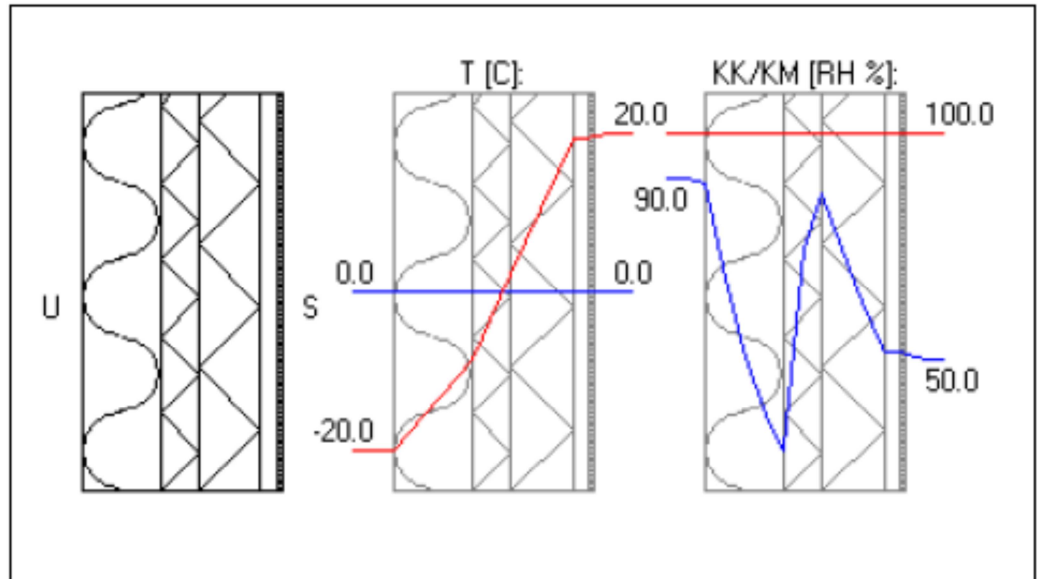
Z:\Opinnäytetyö\Dof tiedostot\Teräsbetoni + uretaani.LAM

Kosteustekninen toiminta YP1

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 22.4.2013	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.063 W/m ² K
Paksuus:	515.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	28.57 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	2324854.499
Vesih. läpäisykerroin:	0.000000 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	15.972 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	22.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Mineraalivilla	200.00	0.0410	4.761905e+08	0.00	30.00
2 Polyuretaani	100.00	0.0220	4.180000e+12	0.00	50.00
3 Polyuretaani	160.00	0.0220	4.180000e+12	0.00	50.00
4 Tuulettuva ilmarako	40.00	10.0000	7.200000e+03	0.00	0.00
5 Puu (mänty)	15.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Puu (mänty)	0.1400	5.5	0.00	480.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.84	100.0	88.7	88.7	0.00
2	-8.36	100.0	29.8	29.8	0.00
3	2.33	100.0	86.7	86.7	0.00
4	19.43	100.0	51.7	51.7	0.00
5	19.44	100.0	51.7	51.7	0.00
6	19.69	100.0	50.9	50.9	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

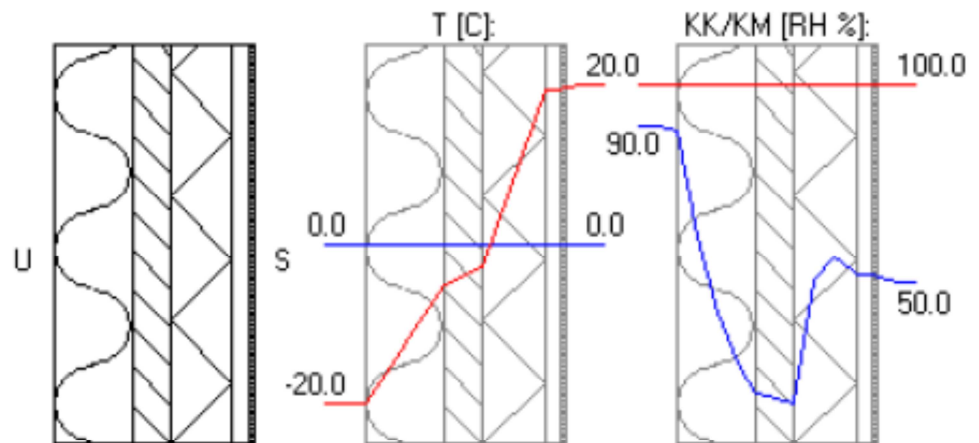
Z:\Opinnäytetyö\Dof tiedostot\Yläpohja; puurakenne; uretaanieristys.LAM

Kosteustekninen toiminta YP1 kattoristikon kohdalla

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 22.4.2013	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.076 W/m2K
Paksuus:	515.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m2
Paino:	69.20 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1166243.388
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m2hPa
Lämmönvastus:	13.176 m2K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m2K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m2K/W
Kulma (0-90):	22.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m2sPa/kg]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 Mineraalivilla	200.00	0.0410	4.761905e+08	0.00	30.00
2 Puu (mänty)	100.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00
3 Polyuretaani	160.00	0.0220	4.180000e+12	0.00	50.00
4 Tuulettuva ilmarako	40.00	10.0000	7.200000e+03	0.00	0.00
5 Puu (mänty)	15.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.79	100.0	88.3	88.3	0.00
2	-4.98	100.0	22.3	22.3	0.00
3	-2.81	100.0	19.2	19.2	0.00
4	19.27	100.0	52.2	52.2	0.00
5	19.28	100.0	52.2	52.2	0.00
6	19.61	100.0	51.2	51.2	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

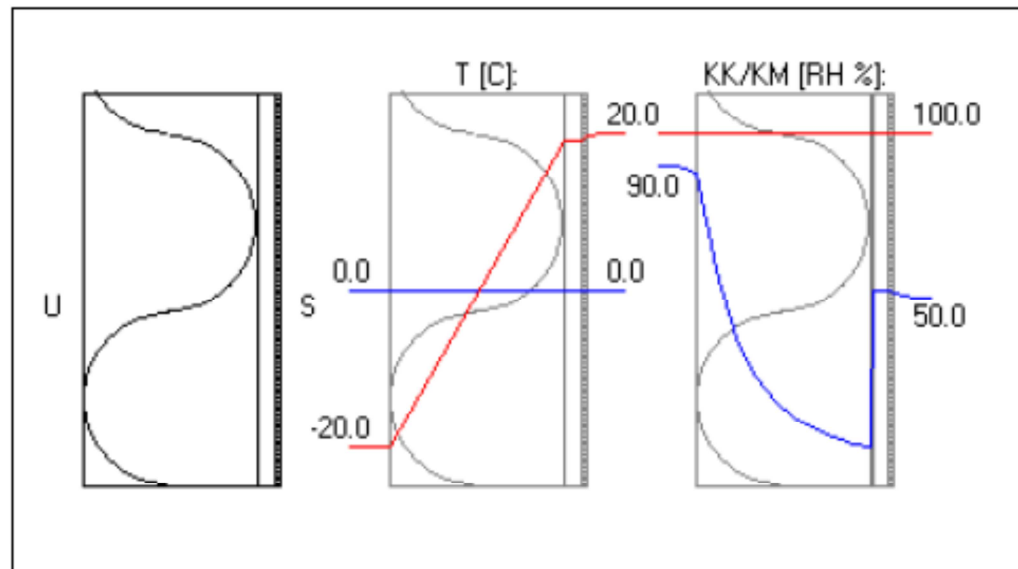
\\Opinnäytetyö\Dof tiedostot\Yläpohja; puurakenne; uretaani; kattoristikon kohdalla .LAM

Kosteustekninen toiminta YP2

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 24.4.2013	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.091 W/m ² K
Paksuus:	505.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	23.51 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	141521.166
Vesih. läpäisy kerroin:	0.000007 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	10.953 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	22.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Mineraalivilla	450.00	0.0410	4.761905e+08	0.00	30.00
2 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	5.000000e+11	0.00	900.00
3 Tuulettuva ilmarako	40.00	10.0000	7.200000e+03	0.00	0.00
4 Puu (mänty)	15.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
1 Puu (mänty)	0.1400	1.3	0.00	480.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.75	100.0	88.0	88.0	0.00
2	19.14	100.0	4.2	4.2	0.00
3	19.15	100.0	51.8	51.8	0.00
4	19.16	100.0	51.8	51.8	0.00
5	19.54	100.0	51.4	51.4	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Lisätiedot:

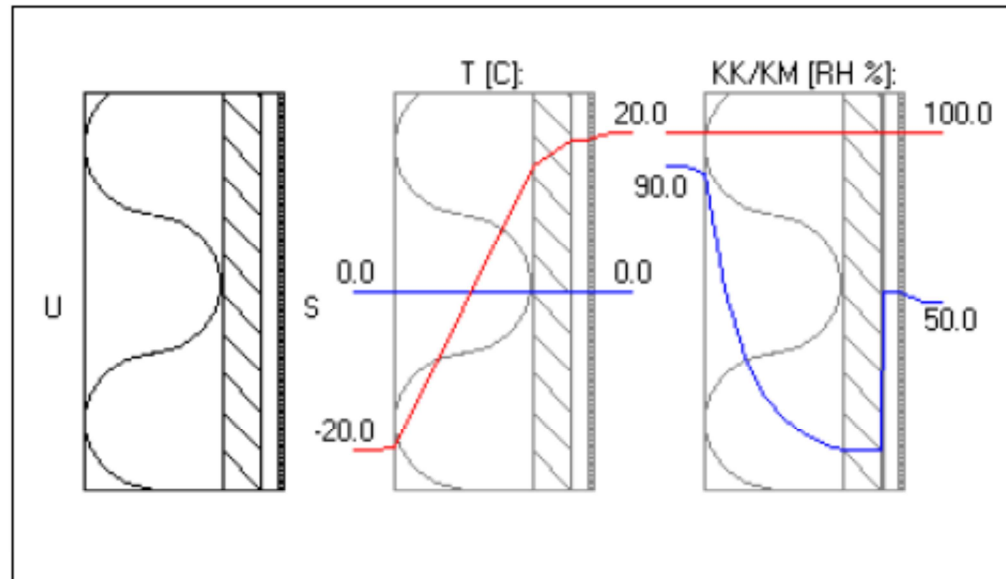
Z:\Opinnäytetyö\Yläpohja; puurakenne + puhallusvillaeristys.LAM

Kosteustekninen toiminta YP2 kattoristikon kohdalla

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 24.4.2013	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.105 W/m ² K
Paksuus:	505.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	65.88 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	144021.166
Vesih. läpäisy kerroin:	0.000007 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	9.563 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	22.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Mineraalivilla	350.00	0.0410	4.761905e+08	0.00	30.00
2 Puu (mänty)	100.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00
3 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	5.000000e+11	0.00	900.00
4 Tuulettuva ilmarako	40.00	10.0000	7.200000e+03	0.00	0.00
5 Puu (mänty)	15.00	0.1400	9.000000e+09	0.00	480.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h) Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	100.0	90.0	90.0	0.00
1	-19.71	100.0	87.7	87.7	0.00
2	16.00	100.0	5.1	5.1	0.00
3	18.99	100.0	5.1	5.1	0.00
4	18.99	100.0	52.4	52.4	0.00
5	19.01	100.0	52.3	52.3	0.00
6	19.46	100.0	51.7	51.7	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

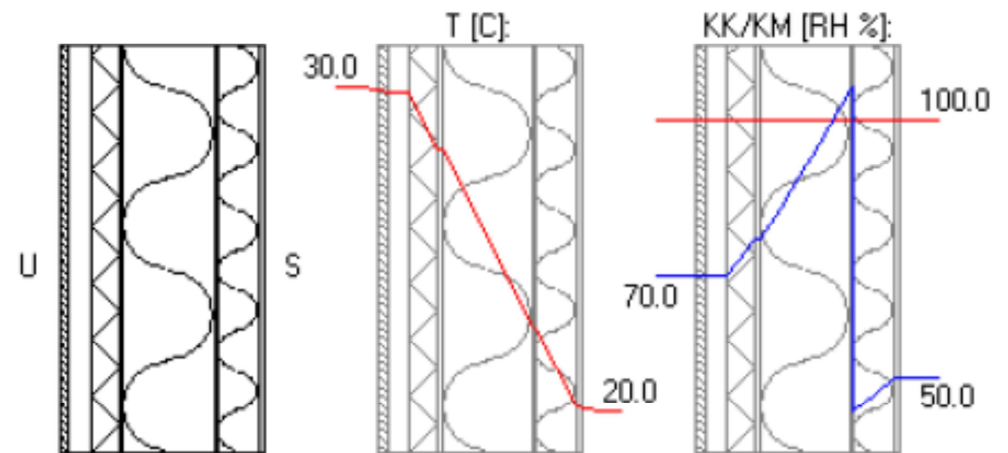
Z:\Opinnäytetyö\Yläpohja; puurakenne + puhallusvillaeristys.LAM

Kosteustekninen toiminta US2 kesädiffuusio

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Suunnittelija:	Päiväys: 24.4.2013	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.095 W/m ² K
Paksuus:	503.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	66.51 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	143891.893
Vesih. läpäisykerroin:	0.000007 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	10.484 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHV [m ² sPa/kg]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puu (mänty)	21.00	0.1400	7.560000e+09	0.00	480.00
2 Tuulettuva ilmarako	56.00	10.0000	2.016000e+04	0.00	0.00
3 Mineraalivilla	70.00	0.0330	6.666667e+08	0.00	30.00
4 Kipsilevy	9.00	0.2100	2.000000e+09	0.00	1200.00
5 Mineraalivilla	225.00	0.0330	2.142857e+09	0.00	30.00
6 Vanerilevy	9.00	0.1100	1.800000e+09	0.00	700.00
7 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	5.000000e+11	0.00	900.00
8 Mineraalivilla	100.00	0.0330	9.523810e+08	0.00	30.00
9 Kipsilevy	13.00	0.2100	2.888889e+09	0.00	1200.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
5 Puu (mänty)	0.1400	8.0	0.00	480.00	---
8 Puu (mänty)	0.1400	8.0	0.00	480.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

Heinäkuu (744.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [RH %]:	KM [RH %]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	30.00	100.0	70.0	70.0	0.00
1	29.94	100.0	70.2	70.2	0.00
2	29.82	100.0	70.1	70.1	0.00
3	29.82	100.0	70.1	70.1	0.00
4	28.12	100.0	77.3	77.3	0.00
5	28.09	100.0	77.2	77.2	0.00
6	22.64	100.0	106.5	100.0	31.61
7	22.58	100.0	106.6	100.0	7.72
8	22.58	100.0	43.2	43.2	0.00
9	20.15	100.0	49.9	49.9	0.00
10	20.10	100.0	49.7	49.7	0.00
S	20.00	100.0	50.0	50.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Z:\Opinnäytetyö\Dof tiedostot\Soinisten rakenne.LAM